

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria**



**“ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE MADURACIÓN ÓSEA EN POBLACIÓN CON  
PATOLOGÍA DEL CRECIMIENTO. ESTUDIO DE RADIOLOGÍA DIGITAL DE  
MANO Y CARPO”**

**Tesis Doctoral  
Presentada por**

**Marta Grijalba Mazo**

Bajo la dirección del doctor

**José Luis Prieto Carrero**

**Madrid, 2015.**



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria**



**“ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE MADURACIÓN ÓSEA EN POBLACIÓN CON  
PATOLOGÍA DEL CRECIMIENTO. ESTUDIO DE RADIOLOGÍA DIGITAL DE  
MANO Y CARPO”**

**Tesis Doctoral  
Presentada por**

**Marta Grijalba Mazo**

Bajo la dirección del doctor

**José Luis Prieto Carrero**

**Madrid, 2015.**

**Editor: Editorial de la Universidad Complutense de Madrid**

**Autora: Marta Grijalba Mazo**

**Dedicado:**

A mis padres y hermanos, por vuestro amor incondicional y a Teresa por la parte que te toca, gracias.

A Diego, por tantas experiencias compartidas.

A Diego y Candela, mi norte.

## **Agradecimientos:**

A Gloria García Mardones, sin cuya desinteresada y siempre dispuesta colaboración, no hubiese podido disponer del material radiográfico para realizar mi investigación.

A María del Carmen Bravo, del Servicio Informático de Apoyo al Usuario-Investigación de la Oficina de Tecnologías de la Información de CC. Salud, CC. Información y Bellas Artes de la UCM, por su ayuda en el tratamiento estadístico de los datos.

A José Luis Prieto Carrero, por supervisar con paciencia y suplir mis carencias.

A mis amigos de la XIX, por vuestra amistad a lo largo.

## INDICE

RESUMEN .....	5
<i>Introducción</i> .....	5
<i>Objetivos generales</i> .....	6
<i>Material y métodos</i> .....	6
<i>Resultados</i> .....	7
<i>Conclusiones</i> .....	10
ABSTRACT .....	12
<i>Title</i> .....	12
<i>Introduction</i> .....	12
<i>General objectives</i> .....	13
<i>Material and methods</i> .....	13
<i>Results</i> .....	14
<i>Conclusions</i> .....	17
INTRODUCCIÓN .....	18
1.1 <i>Estimación forense de la edad en sujeto vivo</i> .....	19
1.1.1 Interés médico legal y problemas que plantea .....	19
1.1.2 Concepto de crecimiento y desarrollo .....	21
1.1.3 Métodos de estimación forense de la edad en sujeto vivo .....	22
1.1.4 Métodos de evaluación de la maduración ósea .....	28
1.1.5 Guías de recomendaciones para desarrollar los estudios de edad biológica destinados a la estimación forense de la edad .....	35
1.2 <i>Muñeca y mano</i> .....	36
1.2.1 Recuerdo anatómico .....	36
1.2.2 Recuerdo embriogénico .....	50
1.2.3 Osificación postnatal .....	53
1.2.4 Anatomía radiológica .....	59
1.2.5 Estudio radiológico del carpo y de la mano izquierda para la estimación de la edad ósea .....	65
1.2.6 Simetría de la maduración esquelética .....	71
1.3 <i>Patologías del crecimiento</i> .....	85
1.3.1 Uso de la estimación de la edad ósea en la clínica .....	85
1.3.2 El crecimiento y su evaluación .....	87

1.3.3	Patologías del crecimiento. Concepto y clasificación.....	89
1.3.4	Variaciones normales de la maduración esquelética.....	95
1.3.5	Patrón de maduración en las patologías del crecimiento. ....	97
HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....		101
2.1	<i>Hipótesis</i> .....	101
2.2	<i>Objetivos</i> .....	101
2.3	<i>Justificación</i> .....	101
MATERIAL Y MÉTODOS .....		104
3.1	<i>Material</i> .....	105
3.2	<i>Métodos</i> .....	113
3.2.1	Análisis de los registros radiográficos .....	113
3.2.2	Cálculo de la edad ósea por el método de Ebrí .....	116
3.2.3	Variables analizadas.....	118
3.2.4	Método estadístico .....	121
RESULTADOS .....		126
4.1	<i>Resultados muestra 1. Edad cronológica versus edad ósea.</i> .....	127
4.1.1	Comparación entre edad cronológica y edad ósea. Estadística descriptiva e inferencial. ....	127
4.1.2	Estudio del ritmo madurativo en los hipocrecimientos. Estadística descriptiva e Inferencial.....	145
4.2	<i>Resultados Muestra 2. Estudio de simetría bilateral.</i> .....	150
4.2.1	Comparación de la presencia o ausencia de los núcleos de osificación en ambas manos. ....	150
4.2.2	Comparación del diámetro máximo de los núcleos de osificación en ambas muñecas y manos.....	155
4.2.3	Comparación de las edades óseas de ambas manos .....	193
DISCUSIÓN.....		204
5.1	<i>Discusión. Muestra 1.</i> .....	205
5.1.1	Comparación edad cronológica/edad ósea .....	205
5.1.2	Comparación entre los Métodos de estimación de la edad ósea estudiados	215
5.1.3	Ritmo madurativo.....	220
5.2	<i>Discusión. Muestra 2: Simetría bilateral.</i> .....	222
5.2.1	Número de núcleos de osificación presentes .....	222



5.2.2	Tamaño de los núcleos de osificación.....	225
5.2.3	Comparación de las edades óseas de ambas manos .....	228
CONCLUSIONES.....		233
BIBLIOGRAFÍA .....		237

# RESUMEN

## *Introducción*

La llegada de inmigrantes de países extracomunitarios al territorio de la Unión Europea, conlleva la presencia en estos países de numerosos menores extranjeros no acompañados por adultos (MENAS), debiendo las autoridades adoptar medidas legales correspondientes derivadas de su condición de menores. En aquellos casos en los que no existe un documento que acredite fehacientemente su edad cronológica, es una práctica generalizada solicitar un examen médico para estimar dicha edad y poder adoptar decisiones fundadas sobre la custodia de dichos menores. En España, las recomendaciones sobre métodos de estimación forense de la edad de los menores extranjeros no acompañados, se recogen en un Documento de Consenso de Buenas Prácticas entre los Institutos de Medicina Legal (2010), donde entre los medios diagnósticos recomendados incluyen la anamnesis dirigida, el examen físico general, el estudio radiográfico del carpo y de la mano izquierda, el examen de la cavidad oral y estudio radiográfico dental y en los casos dudosos con los estudios anteriores y en los que se solicitan estimaciones de edad entre los 18 y 21 años: estudio radiográfico o con TC (método multicorte fino) de la extremidad proximal de la clavícula.

Pero los resultados de estimación de la edad cronológica obtenidos por análisis de parámetros de edad biológica nunca son exactos, sino meras estimaciones probabilísticas de edad cronológica, existe un margen de error debido a numerosos factores, entre ellos los patológicos. En el mejor de los casos, esta aproximación probabilística puede ser medida y cuando se dispone de estudios de población de referencia aceptables, puede conocerse la probabilidad de acierto o de error de la estimación, pero nunca se puede dar una estimación de la edad como un resultado con certeza absoluta. Los métodos de estimación de edad disponibles se aplican habitualmente a población “sana”, disponiendo de los estándares correspondientes.

¿Pero, qué ocurriría si en el examen físico y/o radiológico del presunto menor se

objetiva una patología que afecta al crecimiento?. Se sabe que dichas patologías, producen variaciones específicas en los parámetros de maduración ósea, que son los que mejor correlacionan con la edad cronológica, por ello sería recomendable realizar estudios en población con patología que afecta al crecimiento, que nos permitieran deducir esas variaciones específicas y así poder contar con datos o estándares de maduración de dichas poblaciones, ajustando la probabilidad de acierto o de error en la estimación.

### ***Objetivos generales***

Analizar el patrón de maduración ósea en niños con patología del crecimiento, a través del estudio del ritmo madurativo (acorde, acelerado, retrasado), de la simetría madurativa del carpo y epífisis y de la simetría bilateral (mano izquierda/mano derecha), con el objetivo de deducir sus variaciones específicas y así poder contar con datos o estándares de maduración de dichas poblaciones.

Analizar el grado de acuerdo entre la edad cronológica y la edad ósea estimada por un método inspeccional (Greulich-Pyle) y un método métrico (Ebrí) con sus tres variantes, así como analizar el grado de acuerdo entre los distintos métodos de estimación.

### ***Material y métodos***

Se estudiaron un total de 327 niños, distribuidos en dos muestras: 173 casos tenían sólo radiografías digitales PA de mano y muñeca izquierda (muestra 1) y 154 casos tenían radiografías digitales de ambas manos y muñecas (muestra 2). Las dos muestras incluyeron sujetos de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 4 y los 19 años con patología del crecimiento: hipocrecimiento armónico y disarmónico (osteochondrodisplasias) e hipercrecimiento.

Las radiografías digitales de mano y muñeca, guardadas en formato digital DICOM<sup>R</sup>, se visualizaron y manipularon con el visor RadiAnt<sup>TM</sup> DICOM Viewer 1.9.12 (versión 64 bits). Primero se estimó la edad ósea con el Método de Greulich y Pyle, después se midieron las longitudes máximas de 21 núcleos de osificación de muñeca y mano (los 8

huesos del carpo, epífisis distal de radio y cúbito y epífisis de dedos 1º, 3º y 5º) y posteriormente se estimó la edad ósea según el método de Ebrí en base a los índices de osificación carpiano, metacarpofalángico y carpo-metacarpofalángico.

Todas las variables estudiadas se guardaron en un archivo Excell. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante el programa de tratamiento estadístico IBM SPSS Statistics, versión 22.0 (IBM Inc, Kerhonkson, NY).

## ***Resultados***

En la muestra de radiografías digitales de muñeca y mano izquierda, se estudió la diferencia entre la edad cronológica y la edad ósea. Los resultados demuestran de manera global que edad cronológica y ósea difieren, la edad ósea está "retrasada" respecto a la edad cronológica, en promedio 3 meses (Método de Greulich y Pyle), 6 meses (Método de Ebrí IMF), 8 meses (Método de Ebrí ICMF) y 18 meses (Método de Ebrí IC) según el método de estimación; estas diferencias fueron significativas.

Utilizando el método de Greulich y Pyle la diferencia entre la edad cronológica y la edad ósea fue estadísticamente significativa en la muestra global ( $p=0.018$ ): diferencia promedio 0.26 años [IC 95%: 0.46 a 0.48 años], en el hombre ( $p=0.006$ ): diferencia promedio 0.4 años [IC 95%: 0.11 a 0.69 años] y en el grupo de edad de 4 a 9 años diferencia promedio ( $p=0.000$ ): 0.54 años [IC 95%: 0.27 a 0.82 años], La diferencia no fue estadísticamente significativa ni en mujeres ( $p= 0.531$ ), ni en el hipocrecimiento armónico ( $p= 0.053$ ) ni disarmónico ( $p= 0.336$ ), ni por grupos de edad de 10 a 14 años ( $p= 0.456$ ) ni de 15 a 19 años ( $p= 0.304$ ).

Utilizando el método de Ebrí (IC), todas las diferencias fueron estadísticamente significativas encontrándose en la muestra global ( $p=0.000$ ) un retraso madurativo promedio de 1 año y medio [IC 95%: 1.19 a 1.75 años] , en la mujer ( $p=0.001$ ): de 6 meses [IC 95%: 0.74 a 0.31 años], en el hombre ( $p=0.000$ ) de 2.12 años [IC 95%: 1.80 a 2.44 años], en el hipocrecimiento disarmónico ( $p= 0.000$ ) de 1.44 años [IC 95%: 0.87 a 2 años], en el hipocrecimiento armónico ( $p=0.000$ ) de 1.56 años [IC 95%: 1.20 a 1.91

años], en el grupo de edad de 4 a 9 años ( $p=0.000$ ), de 1.26 años [IC 95%: 0.93 a 1.59 años], en el grupo de edad de 10 a 14 años ( $p=0.000$ ) de 1.28 años [IC 95%: 0.81 a 1.75 años] y en el grupo de edad de 15 a 19 años ( $p=0.000$ ) de 2.94 años [IC 95%: 1.62 a 4.27 años].

Utilizando el método de Ebrí (IMF), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grupo de edad de 4 a 9 años ( $p=0.835$ ), pero si se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los demás casos, encontrándose en la muestra global ( $p=0.000$ ) un retraso madurativo en promedio de 0.52 años: [IC 95%: 0.27 a 0.77 años], en la mujer ( $p=0.005$ ) de .59 años: [IC 95%: 0.18 a 1 año], en el hombre ( $p=.003$ ) de 2.12 años [IC 95%: 1.80 a 2.44 años], en el hipocrecimiento disarmónico ( $p=.050$ ) de 0.37 años [IC 95%: 0.00 a 0.75 años], en el hipocrecimiento armónico ( $p=0.000$ ) de .64 años [IC 95%: 0.30 a 0.97 años], en el grupo de edad de 10 a 14 años ( $p=0.000$ ) de .78 años [IC 95%: 0.39 a 1.18 años] y en el grupo de edad de 15 a 19 años ( $p=0.001$ ) de 2.7 años [IC 95%: 1.36 a 4.04 años].

Utilizando el método de Ebrí (ICMF), todas las diferencias fueron estadísticamente significativas encontrándose en la muestra global ( $p=0.000$ ) un retraso madurativo promedio de 0.72 años [IC 95%: 0.47 a .97 años], en la mujer ( $p=.001$ ) de 0.73 años [IC 95%: 0.31 a 1.14 años], en el hombre ( $p=0.000$ ) de 0.72 años [IC 95%: 0.42 a 1.02 años], en el hipocrecimiento disarmónico ( $p=0.003$ ) de 0.59 años [IC 95%: 0.21 a .96 años], en el hipocrecimiento armónico ( $p=0.000$ ) de 0.84 años [IC 95%: 0.50 a 1.17 años], en el grupo de edad de 4 a 9 años ( $p=0.004$ ) de .39 años [IC 95%: 0.13 a .66 años], en el grupo de edad de 10 a 14 años ( $p=0.001$ ) de 0.72 años [IC 95%: 0.3 a 1.13 años] y en el grupo de edad de 15 a 19 años ( $p=0.000$ ) de 2.94 años [IC 95%: 1.62 a 4.27 años].

Se encontró una asimetría madurativa entre los huesos del carpo y las epífisis: los huesos del carpo presentan mayor retraso madurativo (en promedio 19m) que las epífisis (en promedio 6m),

El retraso madurativo del carpo fue significativo en todos los grupos, siendo mayor en el hombre (en promedio 2 años) que en la mujer (8 meses); se produce en ambos tipos

de hipocrecimiento, se mantiene retrasado pero constante entre los 4 y los 14 años de edad y aumenta significativamente a partir de los 15 años.

El retraso madurativo de las epífisis fue significativo (salvo en el grupo de edad de 4 a 9 años), siendo mayor en la mujer (en promedio 7 meses) que en el hombre (5 meses), en el hipocrecimiento armónico (7 meses) que en el disarmónico (4 meses) y a partir de los 10 años de edad (9 meses) si bien aumentó significativamente a partir de los 15 años (2.7 años).

Se obtuvieron cuatro ecuaciones mediante la aplicación de la regresión lineal, que nos permiten estimar la variable dependiente edad cronológica a partir de la variable independiente edad ósea estimada con el Método de Greulich y Pyle, en función del sexo y del tipo de hipocrecimiento.

Se evaluó la concordancia entre las dos variables cuantitativas (EC/EO), mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass, siendo muy buena o excelente en todos los métodos siendo mayor con el método de GP (0.932) [IC 95%: 0.908 a .949].

Se evaluó el ritmo madurativo en los hipocrecimientos y se encontró en los armónicos que un 13.4%, 16%, 10.9% y 16.8%, según el método de estimación (GP, IC, IMF, ICMF) presentaba un retraso entre 1 y 2 años y un 15.1%, 37.8%, 21.8% y 21.8% un retraso mayor de dos años, mientras que en los hipocrecimientos disarmónicos el 6.7%, 33.3%, 13.3%, 23.3% presentó un retraso entre 1 y 2 años y el 10%, 33.3%, 10% y 10% un retraso mayor de dos años, si bien no fueron significativas salvo el IMF (Chi-cuadrado 0.014).

En la muestra de radiografías de ambas muñecas y manos se evaluó la simetría bilateral (izquierda/derecha).

Se comprobó la presencia unilateral de centros de osificación (asimetría) en un total de 28 casos (18.18%), frente a 126 casos de simetría (81.81%). Se encontró una tendencia a que haya un mayor número de huesos osificados en la mano izquierda que en la derecha, a que diferencias laterales en el número de huesos osificados sean más

comunes entre los huesos del carpo que en las epífisis de la muñeca y mano. Se encontró mayor asimetría en el hombre que en la mujer, un mayor porcentaje de asimetría en los casos de hipocrecimiento armónico que en los hipocrecimientos disarmónicos y por grupos de edad mayor asimetría en el grupo de 4 a 9 años que en de 10 a 14 años, sin que se encontrara asimetría en el grupo de 14 a 19 años.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diámetros máximos de los huesos del carpo y las epífisis entre ambas manos en los siguientes huesos: ganchoso (♂), semilunar (♀), escafoides (muestra global), pisiforme (♀, grupo de 4 a 9 años), cúbito (hipocrecimiento armónico), epífisis 1<sup>er</sup> dedo (muestra global, ♂, hipocrecimiento armónico, grupos de edades de 10 a 19 años), cabeza 3<sup>er</sup> meta (muestra global y ♂), falange proximal 3<sup>er</sup> dedo (muestra global, ♀, hipocrecimiento armónico y grupo de edad de 10 a 14 años), cabeza 5<sup>o</sup> meta (hipocrecimiento disarmónico) y falange media 5<sup>o</sup> dedo (muestra global, ♂, ♀, hipocrecimiento armónico, grupo de edad de 10 a 14 años). Se encontró un predominio de mayor tamaño del lado derecho en las epífisis (salvo la cabeza del 5<sup>o</sup> meta) y del lado izquierdo en los huesos del carpo (salvo el ganchoso), si bien el promedio de las diferencias oscilaron desde el mínimo de 0.009mm al máximo de 0.89mm.

Se compararon las edades óseas de ambas manos y no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ni en la muestra global ni en la muestra por sexos, patologías ni grupos de edad entre las edades óseas de mano izquierda y derecha utilizando el Método de Greulich y Pyle y el Método de Ebrí ICMF, y si bien se evidenció asimetría significativa con los métodos de Ebrí IC e IMF, en la muestra global (IC e IMF), por sexos en la mujer (IC e IMF), en el hipocrecimiento armónico (IMF) y por edades entre los 4 y los 9 años (método de IC) y entre los 10 años y los 14 años (método de IMF), en promedio las diferencias fueron menores de 6 meses.

## ***Conclusiones***

En la muestra analizada, correspondiente a niños con patología del crecimiento, se encontraron variaciones específicas de los parámetros de maduración ósea (ritmo madurativo, simetría carpo/epífisis). En la estimación forense de la edad en sujeto vivo,

conocer dichos estándares de maduración ayuda a informar a las autoridades correspondientes sobre las limitaciones de la estimación en niños con patologías del crecimiento. Se utilizaron dos métodos diferentes de estimación de la edad ósea, uno inspeccional, internacional (Greulich y Pyle) y otro métrico, nacional (Ebrí) y si bien la concordancia entre las variables edad cronológica y edad ósea es alta en todos ellos, en el ámbito forense se recomienda utilizar el Método subjetivo de Greulich y Pyle dada su universalidad y fácil aplicación, mientras que en el ámbito clínico se recomienda el uso del Método de Ebrí porque realizar un análisis por separado del estatus madurativo de carpo y las epífisis ayudar a comprender mejor la fisiología y el control endocrino de la maduración ósea y puede informar sobre el estado salud o enfermedad de un niño. Se comprueba, además, la simetría bilateral en población con hipocrecimiento.



# ABSTRACT

## *Title*

Analysis of parameters of bone maturation in population with growth disorders. Study of Digital Radiology of the hand and wrist.

## *Introduction*

The arrival of non-EU immigrants to the territory of the European Union, implies the presence of many unaccompanied minors by adults (MENAS), therefore the authorities must take appropriate legal actions to verify their status as minors. In cases where there is not a document that conclusively proves their chronological age, it is widespread to request a medical examination to estimate that age and to make informed decisions about the custody of said minors. In Spain, the recommendations on methods of forensic estimation of the age of unaccompanied minors are included in a consensus document of best practices between the Institutes of Legal Medicine (2010), which included among the recommended diagnostic means directed anamnesis. The general physical examination, radiographic study of the left hand and carpal, examination of the oral cavity and dental radiographic study and in doubtful cases with previous studies in which age estimates are requested between 18 and 21 years: radiographic or TC (thin multi-slice method) of the proximal end of the clavicle study.

But the results of such estimations of chronological age parameters obtained by the analysis of biological age are never exact, but merely probabilistic estimates of the chronological age: there is a margin of error due to numerous factors, including pathological ones. In the best case, this probabilistic approach can be a method applicable when you have population studies of reference acceptable, you can know the probability of success or error of the estimate, but you can never give an estimate of the age with absolute certainty. The age estimation methods available are usually applied to "healthy" population, having the appropriate standards of living.

But what if on physical examination and / or radiological the alleged has a growth disorder?. Growth disorders are known to produce specific variations in the parameters

of bone maturation, which are best correlated with chronological age. Therefore it would be advisable to conduct studies in populations with growth disorders, which would allow us to deduce these specific variations and to have data or standards of maturation of these populations, adjusting the probability of success or failure in the estimate.

### ***General objectives***

Analyze the pattern of bone maturation in children with growth disorders, through the study of the maturation rate (line, accelerated, delayed), the carpal and epiphysis symmetry and bilateral symmetry (left/right), with in order to deduct their specific variations and so to have data or standards maturation of these populations.

Analyze the degree of agreement between chronological age (CA) and estimated bone age (BA) of inspectional method (Greulich-Pyle) and a metric method (Ebrí) with its three variants and to analyze the degree of agreement between the different methods of age assessment.

### ***Material and methods***

A total of 327 children, divided into two samples were studied. 173 had only PA digital radiographs of wrist and left hand (sample 1) and 154 had digital radiographs of both wrists and hands (sample 2). The two samples included subjects of both sexes, aged between 4 and 19 years, diagnosed with growth disorders: growth delay or short stature (proportionate or disproportionate -skeletal dysplasias-) and excessive growth or tall stature.

Digital hand and wrist radiographs, DICOM® stored in digital format, were visualized and manipulated with RadiAnt™ viewer DICOM Viewer 1.9.12 (64 bit version). First, bone age with the Greulich and Pyle method was estimated, then the maximum lengths of 21 cores of ossification of wrist and hand (8 carpal bones, distal radius and ulna epiphysis and epiphyseal fingers 1, 3 and 5th were measured) and subsequently bone age was estimated according to the Ebrí method considering the carpal ossification

index (CI), the metacarpal-phalanx ossification index (MFI) and carpal-metacarpal-phalanx ossification index (CMFI).

All variables studied were stored in Excel file. Data were statistically analyzed by statistical analysis program SPSS Statistics, version 22.0 (IBM Inc, Kerhonkson, NY).

## ***Results***

In the sample of digital radiographs of the wrist and left hand, the difference between chronological age and bone age was studied. The results show that globally there are differences in chronological and bone age, bone age is "delayed" compared to chronological age, on average 3 months (Greulich and Pyle method), 6 months (Ebrí IMF method), 8 months (Ebrí ICMF method) and 18 months (Ebrí IC method) according to the estimation method; these differences were significant.

Using the method of Greulich and Pyle, the difference between chronological age and bone age was statistically significant in the overall sample ( $p = 0.018$ ): 0.26 years mean difference [95% CI 0.46 to 0.48 years] , in males ( $p = 0.006$ ) mean difference 0.4 years [95% CI 0.11 to 0.69 years] and in the age group of 4-9 years average difference ( $p = 0.000$ ): 0.54 years old [95% CI: 0.27 to 0.82 years], the difference was not statistically significant and in women ( $p = 0.531$ ), or in the proportionate shortening ( $p = 0.053$ ) or disproportionate shortening ( $p = 0.336$ ) or by age group of 10-14 years ( $p = 0.456$ ) or 15-19 years ( $p = 0.304$ ).

Using the method of Ebrí (CI), all differences were statistically significant finding in the overall sample ( $p = .000$ ) average developmental delay of 1 year and a half [95% CI 1.19 to 1.75 years], in women ( $p = 0.001$ ): 6 months [95% CI 0.74 to 0.31 years], in males ( $p = .000$ ) of 2.12 years [95% CI: 1.80 2.44 years], in the disproportionate shortening ( $p = 0.000$ ) of 1.44 years [95% CI 0.87 to two years], in the proportionate shortening ( $p = .000$ ) of 1.56 years [CI 95% 1.20 to 1.91 years], in the age group 4-9 years ( $p = 0.000$ ) of 1.26 years [95% CI 0.93 to 1.59 years], in the age group of 10-14 years ( $p = .000$ ) of 1.28 years [95% CI: 0.81 to 1.75 Years] and in the age group of 15-19 years ( $p = .000$ ) of 2.94 years [95% CI: 1.62 to 4.27 years.]

Using the method of Ebrí (MFI), no statistically significant differences were found in the age group 4-9 years ( $p = 0.835$ ), but statistically significant differences in the other cases were found, being in the overall sample ( $p = .000$ ) a developmental delay on average 0.52 years [95% CI 0.27 to 0.77 years], in women ( $p = .005$ ) of 0.59 years [95% CI: 0.18-1 year], in men ( $p = .003$ ) of 2.12 years [95% CI: 1.80 to 2.44 years], in the disproportionate shortening ( $p = .050$ ) 0.37 years [95% CI 0.00 to 0.75 years], in the proportionate shortening ( $p = .000$ ) of 0.64 years old [95% CI 0.30 to 0.97 years], in group age of 10-14 years ( $p = .000$ ) of 0.78 years [95% CI 0.39 to 1.18 years] and in the age group of 15-19 years ( $p = .001$ ) of 2.7 years [95% CI: 1.36 to 4.04 years].

Using the method of Ebrí (CMFI), all differences were statistically significant finding in the overall sample ( $p = .000$ ) developmental delay an average of 0.72 years [95% CI: 0.47 to 0.97 years], in women ( $p = .001$ ) of 0.73 years [95% CI 0.31 to 1.14 years], in males ( $p = .000$ ) of 0.72 years [95% CI: 0.42 to 1.02 years], in the disproportionate shortening ( $p = .003$ ) of 0.59 years [95% CI: 0.21 to 0.96 years], in the proportionate shortening ( $p = .000$ ) 0.84 years [95% CI 0.50 to 1.17 years], in the age group 4-9 years ( $p = .004$ ) of 0.39 years old [95% CI: 0.13 to 0.66 years old], in the age group of 10-14 years ( $p = .001$ ) of 0.72 years [95% CI: 0.3 to 1.13 years] and in the age group of 15-19 years ( $p = .000$ ) of 2.94 years [95% CI: 1.62 to 4.27 years].

A developmental asymmetry between the carpal bones and epiphysis was found: the carpal bones have greater developmental delay (average 19m) than the epiphysis (average 6m).

The carpal developmental delay was significant, being higher in males (average 2 years) than in women (8 months); it occurs in both types of shortening, delayed but remains constant between 4 and 14 years of age and significantly increases after 15 years.

The epiphyseal developmental delay was significant (except in the age group 4-9 years), being higher in women (on average 7 months) than in men (5 months), in the proportionate (7 months) than in the disproportionate (4 months) and from 10 years of age (9 months) but increased significantly from 15 years (2.7 years).

Maturation rate was evaluated in proportionate shortening and found in 13.4%, 16%, 10.9% and 16.8%, according to the estimation method (GP, CI, MFI, CMFI) had a delay between 1 and 2 years 15.1%, 37.8%, 21.8% and 21.8% had a further delay of two years, while the disproportionate shortening 6.7%, 33.3% 13.3 and 23.3% had a delay between 1 and 2 years and 10%, 33.3%, 10% and 10% greater delay of two years, but were not significant except for the MFI (Chi-square .014).

Four equations were obtained by applying linear regression, allowing us to estimate the chronological age (dependent variable) from bone age (independent variable) estimated with the Greulich and Pyle method, according to sex and type of shortening (proportionate o disproportionate).

The correlation between two quantitative variables (CA/BA), by the Coefficient of Intraclass Correlation (IC) was assessed to be very good or excellent in all methods being higher with the GP method (93.2) [95% CI: 0.908 to 0.949].

In the sample of radiographs of both wrists and hands (left / right) bilateral symmetry was evaluated.

Unilateral presence of ossification centers (asymmetric) was tested in a total of 28 cases (18.18%), compared with 126 cases of symmetry (81.81%). A tendency for a greater number of ossified bones in the left hand than in the right side was found, differences in the number of ossified bones are more common among the carpal bones than in the epiphysis. Greater asymmetry was found in men than in women, a higher percentage of asymmetry in the case of proportionate shortening than in the disproportionate shortening and by age greater asymmetry in the group of 4-9 years than in the group of 10-14 years, no asymmetry was found in the group of 14-19 years.

Statistically significant difference between the maximum diameter of the carpal bones and epiphysis in both hands in the following bones were found: hamate (♂), lunate (♀), scaphoid (global sample), pisiform bone (♀, group 4-9 : years), ulna (harmonic delayed growth), 1st finger epiphysis (global sample, ♂, harmonious delayed growth, age group of 10-19 years), head 3rd goal (global sample and ♂), 3rd finger proximal

phalanx (global sample, ♀ , proportionate shortening and age group of 10-14 years), head 5th goal (disproportionate shortening), 5th finger and middle phalanx (global sample, ♂, ♀ , proportionate shortening, age group 10-14 years). A predominance of larger on the right side in the epiphysis (except the head of the 5th goal) and the left side in the carpal bones (except the hamate) was found, although the average differences ranged from a low of 0.009mm to 0.89mm at maximum.

Bone age of both hands were compared, and no differences statistically significant were found on global sample, sample by gender, by pathologies or by age, using the Greulich and Pyle method, or Ebrí CMFI method, and while significant asymmetry was evident with Ebrí CI and MFI methods, in the global sample (CI and MFI), sex in women (CI and MFI), in the proportionate shortening (MFI) and for ages 4 to 9 years (method CI) and between age 10 and age 14 (method MFI) , the differences were on average less than 6 months.

### ***Conclusions***

In the sample analyzed, corresponding to children with growth disorders, specific changes in skeletal maturation parameters (maturation rate, carpal/epiphysis symmetry) were found. In forensic estimations of the age of the living subject, knowing aforementioned standards of maturation helps to inform the relevant authorities about the limitations of the estimating age in children with growth disorders. Two different methods for estimating bone age, one inspectional, international (Greulich and Pyle) and another metric, national (Ebrí) were used and although the correlation between chronological age and bone age is estimated high in all of them, the forensic field recommends using the Greulich and Pyle method given its universality and easy application, while in clinical settings using Ebrí method is recommended because a separate analysis of the maturation status and carpal epiphysis helps to best understand physiology and endocrine control of bone maturation and may report the health status or illness of a child. Bilateral symmetry was found in growth delay or short stature.

# INTRODUCCIÓN

## 1.1 Estimación forense de la edad en sujeto vivo menor de edad

### 1.1.1 Interés médico legal y problemas que plantea

### 1.1.2 Concepto de crecimiento y desarrollo

### 1.1.3 Métodos de estimación forense de la edad en sujeto vivo menor de edad

### 1.1.4 Métodos de evaluación de la maduración ósea

### 1.1.5 Guías de recomendaciones para desarrollar los estudios de edad biológica destinados a la estimación forense de la edad

## 1.2 Muñeca y mano

### 1.2.1 Recuerdo anatómico

### 1.2.2 Recuerdo embriogénico

### 1.2.3 Osificación postnatal

### 1.2.4 Anatomía radiológica

### 1.2.5 Estudio radiológico del carpo y de la mano izquierda para la estimación de la edad ósea

### 1.2.6 Simetría de la maduración esquelética

## 1.3 Patologías del crecimiento

### 1.3.1 Uso de la estimación de la edad ósea en la clínica

### 1.3.2 El crecimiento y su evaluación

### 1.3.3 Patologías del crecimiento. Concepto y clasificación

### 1.3.4 Variaciones normales de la maduración esquelética

### 1.3.5 Patrón de maduración en las patologías del crecimiento

## 1.1 *Estimación forense de la edad en sujeto vivo*

### 1.1.1 Interés médico legal y problemas que plantea

La llegada masiva, en los últimos años, de inmigrantes de países extracomunitarios al territorio de la Unión Europea, conlleva la presencia de un gran número de menores extranjeros que, no acompañados por adultos (MENAS), se hallan en los países europeos y sus autoridades deben decidir sobre ellos (1).

Los límites cronológicos y la consideración de la edad legal afectan a diversos ámbitos: en el orden civil, con sus implicaciones para adoptar medidas de guardia y tutela, y en el orden penal, por sus implicaciones para la decisión de si a un responsable de un hecho delictivo debe aplicársele el ordenamiento penal de adultos o de menores, y dentro de este último una determinada modalidad de pena.

En aquellos casos en los que no existe un documento que acredite fehacientemente su edad cronológica, es una práctica generalizada la de solicitar un examen médico para estimar dicha edad y poder adoptar decisiones fundadas sobre la custodia de dichos menores (European Migration Network, 2010).

Tal como recoge la Ley 26/2015, de 28 de julio, de modificación del sistema de protección a la infancia y a la adolescencia (BOE 29 de julio) que modifica La Ley Orgánica 1/1996, de 15 de enero, de Protección Jurídica del Menor, en su artículo 12: Actuaciones de protección en su punto 4: "cuando no pueda ser establecida la mayoría de edad de una persona, será considerada menor de edad a los efectos de lo previsto en esta ley, en tanto se determina su edad. La realización de pruebas médicas para la determinación de la edad de los menores se someterá al principio de celeridad, exigirá el previo consentimiento informado del afectado y se llevará a cabo con respeto a su dignidad y sin que suponga un riesgo para su salud, no pudiendo aplicarse indiscriminadamente, especialmente si son invasivas".

Es en este primer punto donde surge una dicotomía que nace de la confrontación de dos



términos como son los de edad legal y edad biológica.

La edad legal que es la que las autoridades judiciales y fiscales necesitan conocer para poder aplicar las normas legales, corresponde con el concepto cronológico; es decir, el tiempo que ha vivido una persona.

Por el contrario, la edad biológica, es decir, la edad de un individuo definida por parámetros de maduración y por influencias exógenas, no define un concepto cronológico, sino que se define por la identificación por parte de un explorador, de una serie de hitos dentro del proceso de maduración y desarrollo del ser humano, que se alcanzan habitualmente a una determinada edad cronológica en un grupo de población determinado.

Básicamente se consideran cuatro indicadores de maduración biológica del individuo, la maduración somática (variables antropométricas: peso, talla, tipo constitucional), sexual (caracteres sexuales secundarios), dental y esquelética.

La edad biológica discurre paralelamente con la edad cronológica en una secuencia que es prácticamente uniforme en todos los sujetos pero no exactamente coincidente; algunos sujetos adelantan sus ritmos madurativos y otros los retrasan por distintos motivos: estatus socioeconómico (factores nutricionales e higiénico-sanitarios), prácticas deportivas, factores patológicos o incluso factores raciales o poblacionales cuya interferencia se sigue debatiendo en foros científicos. Así, es posible encontrar diferentes edades biológicas entre individuos de la misma edad cronológica.

Los resultados de estimación de la edad cronológica obtenidos por análisis de parámetros de edad biológica nunca ofrecen resultados exactos sino meras estimaciones probabilísticas de edad cronológica. En el mejor de los casos, esta aproximación probabilística puede ser medida y cuando se dispone de estudios de población de referencia aceptables, puede llegar a medirse la probabilidad de acierto o de error de la estimación, pero nunca se puede dar una estimación de la edad como un resultado con certeza absoluta.

Los métodos de estimación de edad disponibles se aplican habitualmente a población “sana”, disponiendo de estándares madurativos que excluyen a los individuos que presentan patologías. Sería recomendable realizar estudios en población patológica, que nos permitan deducir las variaciones específicas de sus parámetros de maduración y así poder contar con datos o estándares de maduración de dichas poblaciones.

Lo que se plantea, dado el desarrollo tecnológico actual y la fiabilidad de los datos de filiación de la muestra a analizar, es realizar un estudio centrado en población que presenta patologías que afectan al crecimiento, para estudiar las variaciones específicas de sus parámetros de maduración general y poder disponer así de estudios de población de referencia.

### 1.1.2 Concepto de crecimiento y desarrollo

El crecimiento y desarrollo de un individuo es un fenómeno continuo que se inicia en el momento de la concepción y que culmina al final de la pubertad cuando se convierte en un individuo adulto, maduro, en todos los aspectos tanto físico, como psicosocial y reproductivo. Esta transformación involucra cambios en el tamaño, organización espacial y diferenciación funcional de tejidos y órganos.

Ambos procesos son fenómenos dinámicos e interdependientes y aunque ocurren simultáneamente, son dos procesos biológicos diferentes. El crecimiento, incremento progresivo del tamaño del organismo y por tanto proceso cuantificable (en cm, Kg...) se produce por hipertrofia e hiperplasia de los tejidos. El desarrollo, incremento progresivo de la capacidad funcional que conduce de un estado indiferenciado o inmaduro a otro organizado, especializado y maduro, es un proceso de cambios cualitativos que se producen por diferenciación y especialización celular. Es un proceso que comprende fenómenos de maduración y adaptación tanto física como neuropsicológica, existiendo así varios indicadores de maduración del niño (maduración psicomotriz, sexual, dental, ósea e incluso química). La maduración se mide por criterios cualitativos como la aparición de funciones nuevas (sostener la cabeza, caminar, hablar...), o de eventos (erupción de un diente, aparición de la menarquia, aparición de nuevos huesos en las radiografías...).

Tanto el crecimiento como el desarrollo tienen características comunes a todos los individuos de la misma especie, lo que los hace predecibles.

El organismo humano adquiere características morfológicas y funcionales propias en cada una de las etapas: prenatal (embrión y feto), 1ª infancia (2 primeros años de vida post-natal), 2ª infancia o pre-escolar (3, 4 y 5 años), escolar (desde los 6 años hasta el inicio de la pubertad) y adolescente (desde la pubertad hasta la detección del crecimiento); sin embargo presentan amplias diferencias entre los sujetos, dadas por el carácter individual del patrón de crecimiento y desarrollo ya que aunque ambos procesos tienen un fuerte componente genético, también se encuentran influenciados por una amplia variedad de factores ambientales.

Existe una variación normal en la velocidad con que los niños maduran. En efecto, hay niños que comienzan a caminar a los 11 meses, otros lo hacen a los 16. En algunos el primer diente aparece a los 5 meses, en otros a los 8; hay niñas que menstrúan por primera vez a los 10 años, en tanto que otras lo hacen a los 15.

Cada niño madura a una velocidad que le es propia; cada niño tiene un tiempo madurativo. No todos los niños terminan su crecimiento con el mismo peso, o con la misma estatura; en cambio, todos los niños terminan su maduración con la adquisición de todas las funciones y características de la edad adulta.

### 1.1.3 Métodos de estimación forense de la edad en sujeto vivo

En la legislación española, la mayoría de edad legal se establece en los 18 años de edad (Artículo 12 de la Constitución Española de 1978).

El fundamento científico de las estimaciones diagnósticas de edad en el sujeto vivo menor de edad, parte del supuesto de que los procesos de crecimiento y desarrollo en los seres humanos siguen una secuencia cronológica establecida y común a todos ellos. No obstante, al estar sujetos a un control genético e influidos por factores ambientales diversos la cronología exacta de estos cambios en cada sujeto resulta individual, si bien

dentro de unos márgenes cronológicos de variabilidad hasta cierto punto también predecibles.

La determinación de la edad en los menores vivos se basa por tanto en el estudio de los procesos de crecimiento y desarrollo.

La interpretación de los resultados del estudio del proceso de crecimiento; es decir, el estudio de medidas antropométricas (talla/peso/morfología según perímetros), resulta imprecisa como factor de predicción de la edad cronológica.

En el estudio del proceso de desarrollo se valoran los indicadores de maduración biológica del individuo; es decir, la maduración psicomotriz, sexual, dental y esquelética.

### 1. Maduración psicomotriz

El desarrollo psicomotor forma parte del proceso de maduración general del organismo; a través de él se adquieren nuevas funciones en el área de la motilidad, del lenguaje y de la conducta. La maduración psicomotriz es consecuencia del proceso de crecimiento y maduración funcional del sistema nervioso, incluyendo la maduración de las funciones motoras gruesas (sostén cefálico, gateo, marcha...), de las funciones motoras finas (manipulación de objetos, manejo de utensilios, escritura...), de funciones sensoriales (visión, audición, tacto...), de funciones sociales (sonrisa social, lenguaje...) y la maduración emocional del niño, de sus funciones adaptativas y de los procesos de individuación e independencia.

Este proceso de maduración de las funciones psiconeurológicas se evalúa mediante pruebas específicas, pero la correlación entre la maduración psicomotriz y la edad cronológica no es útil para caracterizar los ritmos de maduración durante el crecimiento.

### 2. Maduración sexual

La aparición de los caracteres sexuales secundarios, el desarrollo de las gónadas y

aparato genital y el logro de la capacidad reproductora, coinciden con el final del proceso de crecimiento longitudinal. Por lo tanto, estos parámetros son útiles para valorar la distancia recorrida hacia la maduración completa del organismo.

La maduración de los caracteres sexuales secundarios suele determinarse siguiendo el sistema propuesto por Tanner (2). Este sistema valora los parámetros del desarrollo del vello axilar (A1-A3), vello pubiano (PI-P5), desarrollo mamario (BI-B5), desarrollo de genitales externos (GI-G5), volumen testicular (mediante el orquidómetro de Prader), longitud del pene flácido, menarquía, espermaquia y características de la voz.

Independientemente de la dificultad de interpretación de los resultados por diferencias inter e intraobservador, no bien estudiadas, son muy escasas las series que analizan la evolución con la edad cronológica de estos parámetros en diversas poblaciones y las pocas existentes se hallan centradas fundamentalmente en países desarrollados (3, 4).

### 3. Maduración dental

El desarrollo de la dentición comienza en la sexta semana de la vida intrauterina y se extiende aproximadamente hasta los 20 años. La precisión de la estimación de la edad dental a lo largo de todo este periodo no es uniforme.

Durante la niñez muchos dientes se están desarrollando de manera simultánea por lo que la inspección visual de la erupción dental, fue el primer método de estimación de la edad.

Después de los 14 años, una vez finalizada la formación de los premolares y caninos, la estimación de la edad basada en la erupción de los terceros molares, que son los únicos dientes que continúan su formación, se convertiría en el único indicador útil.

No obstante, aunque es un método rápido, barato y no muy influenciado por el error intra o interobservador, la erupción no es un buen indicador de la edad cuando se utiliza de forma aislada, debido a ciertos factores como la variabilidad interindividual o poblacional (5), anomalías de origen sistémico o local (6) o el periodo de tiempo en el

que no se producen cambios (por ejemplo desde los dos años y medio o tres en que finaliza por término medio la erupción de la dentición decidua hasta los cinco o seis en que comienza la erupción de la permanente)(7).

Por ello, resulta más adecuado, valorar la evolución de la maduración y osificación de la dentición permanente, no por la inspección visual sino mediante pruebas radiológicas (ortopantomografías)(8), que permiten valorar los estadios de mineralización de los gérmenes dentarios de la dentición permanente.

Uno de los sistemas más universalmente utilizados para valorar el grado de desarrollo de la dentición permanente es el propuesto por Demirjian, Goldstein y Tanner(9) a partir del análisis de una muestra de niños de origen franco-canadiense.

El método original valora el grado de calcificación de los siete dientes de la hemiarcada mandibular izquierda, excluyendo el tercer molar, a partir de registros radiográficos. Se establecen 8 estadios de maduración en cada diente (A a H), desde el inicio de la calcificación de la corona hasta el cierre apical de la raíz. Se atribuye a cada diente un estadio de formación, que se convierte en una puntuación, en función del sexo. Se suman las puntuaciones de los siete dientes, obteniendo la denominada puntuación de madurez dentaria en una escala de 0 a 100. Esta puntuación se transforma, a partir de las tablas correspondientes, en edad dentaria.

El método tiene el inconveniente de que no incluye la valoración de los terceros molares, por lo que sólo puede ser utilizado para edades preadolescentes.

Con posterioridad, este mismo autor ha desarrollado actualizaciones del método original, proponiendo un sistema de valoración de cuatro dientes (ambos premolares y molares) con estándares distintos.

La estimación de la edad se complica una vez se ha producido el cierre apical de las raíces del segundo molar permanente (aproximadamente a los 14 años) debido a la variabilidad que presenta el desarrollo del tercer molar. El tercer molar es el diente con mayor frecuencia de agenesias(10) y el más irregular en su secuencia de maduración

(11) y, al contrario que en el resto de la dentición, ésta suele ser más precoz en varones que en mujeres.

A pesar de ello, se está impulsando el desarrollo de estudios basados en la maduración del mismo desde hace años (12). El método más generalizado es una variante del sistema gráfico de Demirjian para los molares, propuesta originariamente por Mincer et al en 1993 (13).

Hasta ahora se han acometido diversos estudios en diferentes poblaciones, con el ánimo de observar la utilidad del tercer molar como un indicador confiable de la edad. Estos estudios han demostrado que el desarrollo dental muestra ligeras variaciones entre poblaciones diferentes, haciéndose necesario más estudios específicos ya que las múltiples series que han estudiado la correlación entre la maduración radiológica dental y la edad cronológica arrojan resultados de utilidad práctica limitada (14).

#### 4. Maduración ósea

La maduración esquelética u ósea es la más útil para caracterizar los ritmos de maduración durante el crecimiento, ya que permite en un momento dado, determinar el porcentaje o grado de madurez alcanzado y refleja si el sujeto se encuentra retrasado o adelantado para su edad cronológica puesto que al final todos alcanzan el mismo nivel de madurez.

Desde el momento del nacimiento hasta la madurez aparecen en forma progresiva muchos huesos que no estaban presentes al nacer, en tanto que aquellos presentes al nacimiento van adquiriendo una forma y tamaño que progresivamente los llevarán a alcanzar la conformación adulta.

La maduración ósea consiste, en esencia, en la transformación progresiva de las primitivas maquetas fibrosas o cartilaginosas en tejido calcificado. Su estimación se basa en la aparición y fusión de los núcleos de osificación y aunque coincide cronológicamente con el aumento de tamaño de los huesos, es independiente de él ya que se rige por mecanismos reguladores distintos. Por eso, para valorarlo no sirven las

medidas absolutas del tamaño de los huesos y hay que utilizar criterios morfológicos; los denominados “indicadores de madurez”, descritos por Todd (1937)(15) y definidos como “aquellas características de los huesos individuales visibles en la radiografía que, por aparecer regularmente y siguiendo un orden definido e irreversible, señalan un progreso hacia la madurez”.

El parámetro obtenido en la evaluación de la maduración ósea corresponde a la **edad ósea** que es un término estadístico recogido de la experiencia clínica que resulta útil con fines clínicos para la estimación del ritmo madurativo individual de un sujeto. Puede definirse como la edad promedio en la que los individuos presentan un grado de desarrollo óseo similar al del sujeto estudiado.

Es considerado un parámetro fisiológicamente más estable que la maduración dental, pero que está también influido por factores ambientales, de población y patológicos y en realidad es poco fiable, no obstante es el principal parámetro del que podemos disponer con fines clínicos y forenses para estimar con cierta precisión la edad cronológica al final de la adolescencia (16).

El proceso de maduración ósea no transcurre a la misma velocidad en todos los niños. Hay individuos que terminan su maduración ósea a los 16 años y otros que lo hacen a los 19 o 20 años. A los primeros se les llama maduradores rápidos. A los segundos, maduradores lentos. La mayoría de los niños se encuentra entre estos dos extremos.

El número de años en que va a ocurrir todo el proceso de crecimiento está determinado por la mayor o menor velocidad con que se da este proceso. Los niños no detienen su crecimiento porque hayan llegado a una edad determinada (edad cronológica) sino cuando han alcanzado su maduración ósea (desaparición del cartílago de crecimiento y fusión de la epífisis con la diáfisis). De esto se deduce que la edad cronológica (tiempo transcurrido desde el momento del nacimiento que se expresa en años calendario) muchas veces no tiene relación con la edad biológica del individuo que se expresa por el grado de madurez alcanzado.

De esta manera el grado de maduración esquelética que ha alcanzado un niño a una



edad determinada representa un porcentaje de crecimiento cumplido y otro porcentaje de crecimiento remanente. El estadio adulto del desarrollo esquelético está representado por la calcificación completa de todos los huesos y fusión de la epífisis con la diáfisis.

#### 1.1.4 Métodos de evaluación de la maduración ósea

Podemos clasificar los diferentes métodos de valoración de la maduración ósea según la zona anatómica empleada, la técnica utilizada y el método de interpretación empleado (17, 18):

- 1) **Zona anatómica**: para la estimación de la edad ósea se han utilizado virtualmente todas las regiones anatómicas óseas: columna vertebral cervical, epífisis esternal de la clavícula, 1ª costilla, codo, carpo y mano, pelvis, fémur, rodilla, tobillo y pie.

De todas ellas la más empleada es la del carpo y la mano por su fácil accesibilidad, escasa radiación y la existencia de un amplio número de huesos en una pequeña zona corporal.

- 2) **Técnica utilizada** (o métodos de radiodiagnóstico).

**Radiografía**: es la técnica más habitualmente empleada. Se ha utilizado tanto en columna cervical (Lamparski DG. 1972) (19-21), clavícula (Schmelting, 2004) (22), costillas y peto esternal (Michelson 1934), codo (Sauvegrain J. 1962) (23, 24) (Schedewie 1979)(25), carpo y mano, pelvis (Risser 1933) (26, 27), fémur, rodilla (Pyle 1995) (28), tobillo y pie (Hernández 1991, Whitaker JM 2002) (29-31).

**Tomografía computarizada (TC)**: a través del uso de rayos X, permite obtener imágenes radiográficas en forma de cortes trasversales o en forma de imágenes tridimensionales. Se ha empleado también en diversas zonas anatómicas como la clavícula (Schultz R 2005) (32), (Mühler M 2006) (Kellinghaus, M 2010) (33, 34), (Wang, YH 2013)(35, 36), (Wittschieber, D 2014) (37), primera costilla (Moskovitch G 2010)(38), cuarta costilla (Dedouit F 2008)(39), osificación del cartílago tiroideo

(Dang-Tran, KD 2010)(40) o las suturas craneales (Harth 2009) (41), (Fumiko Chiba 2013)(42).

Pero como la reducción de la dosis de exposición es particularmente importante en la infancia para evitar los efectos perjudiciales resultantes de la exposición a la radiación acumulada, se están investigando nuevas modalidades de imagen para evaluar la edad ósea en los niños mediante métodos que implican menos radiación.

Densitometría ósea por absorción de rayos x (DXA Dual-energy X-ray absorptiometry): la DXA se utiliza ampliamente para medir la densidad mineral ósea en la evaluación de la osteoporosis. Cuando se aplica para valorar la edad ósea, una exploración de la mano-muñeca por DXA (0,0001 mSv) produce una 10 veces menor dosis efectiva que una radiografía de la mano-muñeca (0.001 mSv). Esta técnica se ha utilizado en la **muñeca y mano** (Pludowski P 2004-2005) (43) (Heppe 2012)(44).

Ecografía (técnica ultrasonográfica US): se ha empleado en diversas zonas anatómicas tanto en mano/muñeca (Mentzel et al., 2005)(45), (Xu et al., 2008) (46), (Khan; 2009)(47), (Smith; 2013) (48) como en el codo (Schulz, R. 2014) (49), fémur (Castriota-Scanderbeg A 1995) (50, 51), clavícula (Schulz, 2008) (52), (Quirmbach 2009)(53) y cresta ilíaca (Smith 2013)(54).

MRI (Magnetic resonance imaging): La Resonancia Magnética se está utilizando como nueva modalidad de imagen. Se ha estudiado la mano/muñeca en jugadores de fútbol (Dvorak, 2007) (55) (56), (George et al., 2012) (57), (Schmidt, S 2015) (56), la rodilla (Dedouit et al 2012) (58), (Krämer, J.A 2014) (59, 60), pelvis (Wittschieber, 2014) (55, 61), clavícula (Schmidt 2007) (62) (Vieth, 2014) (63), (Kothary 2015) (64) y la epífisis distal de la tibia y el calcáneo (Saint-Martin 2014)(65).

En general las nuevas técnicas de imagen de alta resolución (radiografía digital, TAC multicorte, resonancia magnética), además de las posibilidades diagnóstico médicas, permiten reconstruir y medir, presentándose como un instrumento de gran utilidad investigadora y docente.

Zona anatómica	Rango edad	Rayos X	DXA	TC	US	RM
Mano/muñeca	± 18 años	X	X	X	X	X
Clavícula	± 25 años	X	-	X	X	X
1ª costilla	± 25 años	X	-	X	-	-
C. cervical	± 18 años	X	-	-	-	-
Cresta ilíaca	± 18 años	X	-	-	X	X
Rodilla	± 18 años	X	-	-	-	X
Fémur (cabeza)		X	-	-	X	-
Pie	0-5 años	X	-	-	-	X

Tabla 1.1. Métodos de valoración de maduración ósea según zona anatómica y técnica utilizada.

### 3) Método de interpretación

a) Planimétricos: utilizan en la evaluación medidas dimensionales (longitud/anchura) de los centros de osificación. Son indicadores de crecimiento pero no de maduración. Entre estos métodos se encuentran:

- Método de Schmid, F. y Moll, H. (1960) (66).
- Método de Sinclair (1960) con el índice metacarpiano (67). Se determina mediante la relación entre la longitud media y la anchura media (medida en su punto medio) de los metacarpianos segundo al quinto. Fue aplicado para el diagnóstico del síndrome de Marfan.
- Método de Eklöf, O. y Ringertz, H. (1967)(68) se basa en las mediciones (en mm) de los siguientes 10 centros de osificación: anchura de la epífisis distal del radio, longitud del hueso grande, anchura del hueso grande, longitud del hueso ganchoso, anchura del hueso ganchoso, longitud del 2º metacarpiano, longitud del 3º metacarpiano, longitud del 4º metacarpiano, longitud de la falange proximal del 2º dedo y la longitud del falange proximal del 3º dedo.
- Método de Ebrí (1997) (69, 70) mide diferentes centros de osificación calculando los índices carpiano (IC), metacarpo-falángico (IMF) y carpo-metacarpo-falángico (ICMF).
- Método de Cameriere (71) calcula la relación entre el área total de los huesos del carpo y las epífisis de cúbito y el radio (Bo) y el área de cada hueso del carpo salvo el pisiforme (Ca carpiano). Esta relación (Bo/Ca) se utiliza para el análisis de regresión lineal.

b) Descriptivos/Atlas: estos métodos cualitativos se basan en la comparación de la radiografía problema con una serie de radiografías estándares, tomadas de una muestra de la población general y se le adscribe la edad ósea que corresponda al estándar más parecido o a una edad intermedia entre dos estándares sucesivos. Aunque existen atlas para la rodilla, codo y pie (72), el más conocido y utilizado es el de Greulich y Pyle (73) para la mano y muñeca, siendo la principal referencia internacional.

c) Numéricos: Describen una serie de indicadores de maduración para cada núcleo de osificación, y se les asigna una puntuación a cada uno de los estadios evolutivos según el sexo. La suma de las puntuaciones nos dará un índice de maduración esquelética, uno para cada sistema, el cual posteriormente es transformado en edad ósea de acuerdo con unas tablas de conversión específicas, las cuales están divididas por sexo y por sistema.

El método de Tanner-Whitehouse (TW), con sus tres ediciones: TW1 (1962) (2), TW2 (1975)(74) en el que se propusieron 3 sistemas: TW2-20 huesos, TW2-carpo y TW2-RUS y la última edición TW3 (2001) (75) en la que se eliminó el sistema TW2-20, es la principal referencia.

Otro método, el método de FELS (76) se basa en el umbral en el cual los indicadores de maduración están presentes en el 50% de la población de referencia. Los indicadores específicos están dados para el radio, cúbito, huesos del carpo y metacarpianos y las falanges del primer y quinto dedo. Las calificaciones se realizan en función de la edad y sexo.

Teniendo en cuenta que la maduración ósea está influenciada por diferentes factores, se recomienda la adaptación de los estándares a cada población por lo que existen virtualmente adaptaciones de estos métodos (atlas y numéricos) para todas las poblaciones en prácticamente todos los países. En España disponemos de una adaptación de ambos métodos basada en población del País Vasco y publicada en 1991 por Hernández et al (30), y otra de población Canaria publicada en 2009 por Toledo et

al (77). En Francia se dispone de una adaptación basada en población francesa, el Método de Sempé (78), en Alemania el método de Thiemann-Nitz (79), o en Venezuela el atlas de maduración ósea Venezolana (2003)(80) entre otros.

d) Métodos manuales/automáticos: en las últimas décadas, se ha iniciado la aplicación de nuevos procedimientos informáticos de análisis de imagen a la valoración de la maduración ósea, con el objetivo de evitar los problemas de los métodos tradicionales. Estos procedimientos, automatizados parcial o íntegramente, pretenden evitar la subjetividad, reducir el tiempo de ejecución y aumentar la continuidad de la escala de maduración, ofreciendo además una “alternativa portátil” para los libros/atlas de referencia actualmente disponibles. Entre las nuevas metodologías se incluyen sistemas basados en el reconocimiento automatizado de formas, generalmente aplicados sobre estadios o indicadores de madurez de otros métodos numéricos (81).

Se han desarrollado así métodos tanto semiautomáticos, como el Método CASAS (82-86) y el Método Maduros 4.0 (Le Groupe Français d’auxologie. Francia)(87), como completamente automatizados (88): el método BoneXpert (Visiana, Dinamarca) (89-91) restringido a 2,5-17 años en los varones y a 2,0-15 años en las niñas y el atlas digital de Gilsanz y Ratib (2011) (92), métodos basados en radiografías de muñeca y mano, e incluso un método basado en ecografía de muñeca y mano como el Sistema BonAge Sunlight (<http://www.beammed.com/products/bonage>).

No obstante se ha comprobado que:

- la comparación de sus resultados con los obtenidos por métodos manuales o tradicionales muestra ciertas diferencias.
- pueden rechazar las radiografías por ser de mala calidad (requiere radiografías de técnica muy buena para su lectura), por tener morfología anormal o una edad ósea muy desviada,
- y que ligeras variaciones en la posición radiográfica de la mano pueden hacer que el ordenador otorgue un estadio inadecuado.

Por ello, se recomienda la posibilidad de intervenir manualmente cuando se observen

errores obvios. Esto indicaría una probable ventaja de los métodos semiautomáticos, sobre los automatizados, al menos, hasta la superación de todos los inconvenientes técnicos relacionados con la calidad de la placa; y aun solventados éstos, podrán surgir dificultades al valorar radiografías de casos patológicos o variaciones de la normalidad. Por lo tanto son necesarios más trabajos en este campo (45, 93-96).

Zona anatómica	Autor (año)	Técnica	Método	Edad útil
Mano y muñeca	Greulich-Pyle (1959)	Rx	Atlas	0-18 años (poco 0-1 a.)
	Sinclair et al (1960)	Rx	Planimétrico Índice Metacarpiano	2-11 años
	Tanner-Whitehouse (1962,1975,1983, 2001)	Rx	Numérico	1-18 años (poco 0-2 a.)
	Roche et al (1988), Chumlea et al (1989) (Método Fels)	Rx	Numérico	0-18 años (poco 0-1 a.)
	Tanner-Gibbons (1994) Método CASAS	Rx	Numérico+Pc-video-cámara	0-18 años (poco 0-2 a.)
	Método Maturós 4.0	Rx	Numérico (semiautomatizado)	
	Método BoneXpert (Visiana, Dinamarca) (2009)	Rx	Numérico (automatizado)	2,0-15 años mujer 2,5-17 años varón
	Gilsanz y Ratib (2011)	RX	Atlas digital (automatizado)	
	Sistema BonAge Sunlight	Eco	automatizado	
	Mentzel et al., 2005	Eco		
	Pludowski (2004-2005) Heppe (2012)	DXA		
Clavícula	Kreitner et al. (1997)	Rx		
	Schmelting, (2004)	Rx, TC, Eco	Numérico	en torno a los 21 años
	Schultz (2005), Mühler (2006), Kellinghaus (2010), Wang (2013)	TC		
	Schmidt (2007), Vieth (2014), Kothary (2015)	RM		
	Schulz (2008)	Eco		
Codo	Sauvegrain y cols (1962)	Rx	Atlas	Adolescencia
	Schedewie (1979)	Rx	Atlas	Niñas 9 y 13 años Niños 11 y 15 años
	Schulz (2014)	Ecografía		
Fémur	Castriota-Scanderberg (1995)	Ecografía	Grosor cartílago articular cabeza femoral	
Rodilla	Pyle-Hoerr (1955)	Rx	Atlas	0-18 años
	Roche-Wainer-Thissen (1975)	Rx	Numérico + PC	0-5 años
	Shunk y cols (1987)	Ecografía	Planimétrico	Recién nacido
Tobillo y pie	Hoerr-Pyle (1962)	Rx	Atlas	0-5 años
	Erasmie-Ringertz (1980)	Rx	Numérico + planimétrico	0-1 años
	Hernández et al. SHS (1988)	Rx	Numérico	0-2 años
	Argemi-Badia (1997)	Rx	Planimétrico+ PC	Recién nacido
	Whitaker et al (2002)	RX	Atlas	Mujer hasta 150 meses. Varón hasta 200 meses
Columna vertebral cervical	Lamparski (1972)	Rx	Sistema gráfico estandarizado	Hasta los 16 años Ortodoncia
Pelvis (aparición del núcleo de osificación de la cresta ilíaca y su fusión a la pala ilíaca)	Risser (1936)	Rx		Pacientes escolióticos. Desde 7-8 años a menarquía +2 en mujer y 16-18 años en varón
	Smith (2013)	Eco		
Costillas y peto esternal	Michelson (1934)	Rx	Sistema de estadios	Sujetos maduros

Tabla 1.2 Métodos de valoración de maduración ósea según zona anatómica, autor, técnica utilizada, método de interpretación y edad útil.

### 1.1.5 Guías de recomendaciones para desarrollar los estudios de edad biológica destinados a la estimación forense de la edad

Para desarrollar los estudios de edad biológica destinados a la estimación forense de la edad, existen diversas guías de recomendaciones de métodos a aplicar elaborados por grupos de trabajo y organizaciones nacionales e internacionales.

En Europa, con el fin de unificar criterios de selección de pruebas a realizar en los países de habla alemana, el Grupo de estudio alemán para el diagnóstico de la edad de la Sociedad Alemana de Medicina Legal (AGFAD) publicó en el año 2000 las primeras guías generales sobre diagnóstico de la edad en sujetos vivos, que fueron actualizadas en el año 2008 (97). Este grupo de estudio constituye, en la actualidad un grupo de estudio internacional y sus guías son referencia de trabajo, en todos los países europeos. Las guías establecían la necesidad de realizar una serie de pruebas diagnósticas que incluyeran exámenes radiográficos y antropométricos y, una vez practicadas estas, interpretar los resultados en función de estudios previos en poblaciones adecuadas al sujeto de estudio.

En España, las recomendaciones sobre métodos de estimación forense de la edad de los menores extranjeros no acompañados, se recogen en el Documento de Consenso de Buenas Prácticas entre los Institutos de Medicina Legal de España (2010) donde entre los medios diagnósticos recomendados incluyen (98):

1. Anamnesis dirigida.
2. Examen físico general.
3. Estudio radiográfico del carpo y de la mano izquierda.
4. Examen de la cavidad oral y estudio radiográfico dental.
5. Y en los casos dudosos con los estudios anteriores y en los que se solicitan estimaciones de edad entre los 18 y 21 años: estudio radiográfico o con TC (método multi-corte fino) de la extremidad proximal de la clavícula.

Por lo tanto, uno de los medios diagnósticos recomendados y uno de los más utilizados



para la estimación forense de la edad antes de los 18 años de edad es el estudio radiográfico del carpo y de la mano izquierda.

## 1.2 *Muñeca y mano*

### 1.2.1 Recuerdo anatómico

La **articulación de la muñeca** está compuesta por la extremidad distal del cúbito y del radio, los ocho huesos del carpo y las bases de los 5 metacarpianos. Esta compleja región anatómica incluye la articulación radiocubital distal, la articulación radio y cúbito carpianas, la mediocarpiana y las carpo-metacarpianas.

El **esqueleto de la mano** se subdivide en tres segmentos: los huesos carpo o muñeca, el metacarpo o huesos de la palma y las falanges o huesos de los dígitos.

Los huesos del carpo se disponen en dos filas. En la fila proximal se localizan, de radial a cubital, el escafoides, semilunar (lunate), piramidal (triquetrum). El pisiforme se sitúa en la superficie volar del piramidal. En la fila distal está el trapecio, trapezoide, grande (hamate) y ganchoso (capitate).

Los dedos están compuestos por las falanges proximal, media y distal, excepto el pulgar que solo tiene dos falanges. Pueden aparecer múltiples huesos sesamoideos, siendo el más constante el del pulgar, adyacente a la articulación metacarpofalángica.

El **cúbito** es un hueso largo, de forma prismática, situado en el lado medial del antebrazo, en paralelo con el radio. Es divisible en un cuerpo y dos extremidades.

Su extremidad superior, de gran espesor y resistencia, forma una gran parte de la articulación del codo. El hueso disminuye en tamaño, desde arriba hacia abajo. El extremo distal es pequeño, y presenta dos eminencias; la lateral y grande es una eminencia articular redondeada, llamada la cabeza del cúbito; la medial, más estrecha es una eminencia no articular, la apófisis estiloides. La cabeza presenta una superficie articular, parte de la cual, de una forma oval o semilunar, se dirige hacia abajo, y se

articula con la superficie superior del disco articular triangular que lo separa de la articulación de la muñeca; la porción restante, dirigida lateralmente, es estrecha y convexa. La cabeza está separada de la apófisis estiloides por una depresión para la fijación del vértice del disco articular triangular, y detrás por una ranura poco profunda para el tendón del flexor cubital del extensor carpi.

El **radio** está situado en el lado lateral del cúbito, que excede le en longitud y tamaño. Su extremo superior es pequeño, y forma sólo una pequeña parte de la articulación del codo; pero su extremo inferior es grande, y forma la parte principal de la articulación de la muñeca. Es un hueso largo, en forma de prisma y ligeramente curvado longitudinalmente. Tiene un cuerpo y dos extremidades.

La extremidad inferior es grande, con forma de cuadrilátero, y provista de dos superficies articulares una para el carpo, y otra en el lado medial, para el cúbito. La superficie articular carpiana es triangular, cóncava, lisa, y dividida por una ligera cresta antero-posterior en dos partes. De estas, la lateral, triangular, se articula con el escafoides; y la medial, cuadrilátera, con el hueso semilunar. La superficie articular para el cúbito se llama la muesca cubital (cavidad sigmoidea) del radio; es estrecha, cóncava, suave, y se articula con la cabeza del cúbito. Estas dos superficies articulares están separadas por una cresta prominente, a la que se une la base del disco articular triangular; este disco separa la articulación de la muñeca de la articulación radiocubital distal. Este extremo del hueso tiene tres superficies no articulares-palmar, dorsal y lateral que proporciona fijación a diferentes ligamentos.

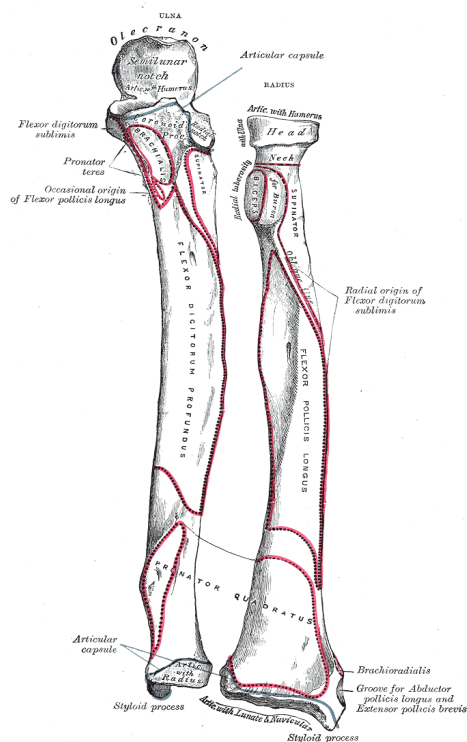


Figura 1.1 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Huesos del antebrazo izquierdo. Cara anterior.

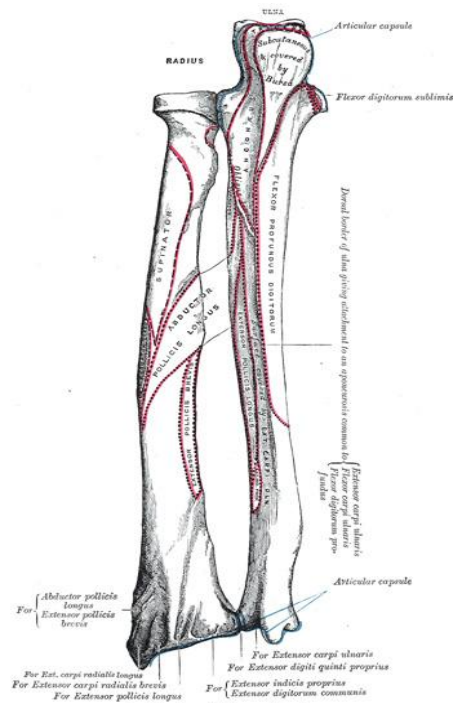


Figura 1.2 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Huesos del antebrazo izquierdo. Cara posterior.

El **esqueleto de la mano** se subdivide en tres segmentos: los huesos del carpo o muñeca, los huesos de la palma o metacarpo y los huesos de los dígitos o falanges.

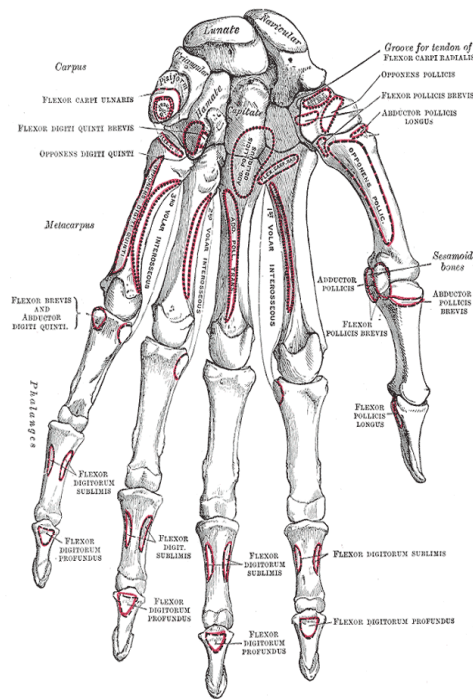


Figura 1.3 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Los huesos de la mano izquierda. Superficie volar.

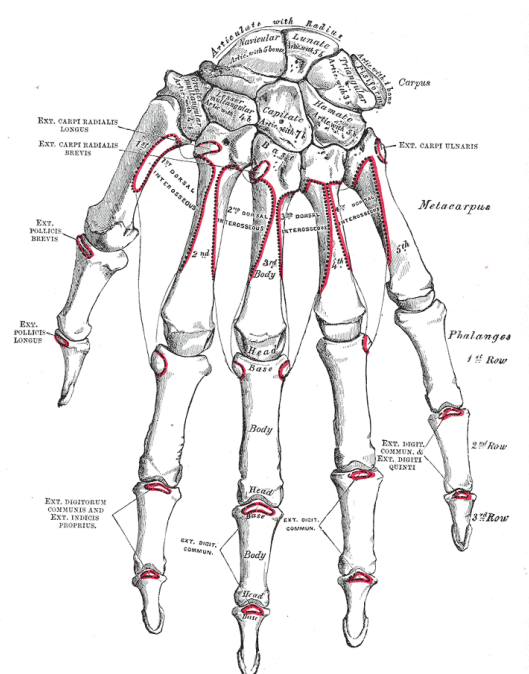


Figura 1.4 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Los huesos de la mano izquierda. Superficie dorsal.

Los **huesos del carpo** (Ossa Carpi), se disponen en dos filas. En la fila proximal se localizan, de radial a cubital, el escafoides, el semilunar (lunate) y el piramidal (triquetrum). El pisiforme se sitúa en la superficie volar del piramidal. En la fila distal está el trapecio, trapezoide, grande (hamate) y ganchoso (capitate). Cada hueso (excepto el pisiforme) presenta seis superficies.

1. El hueso escafoides (os naviculare manus):

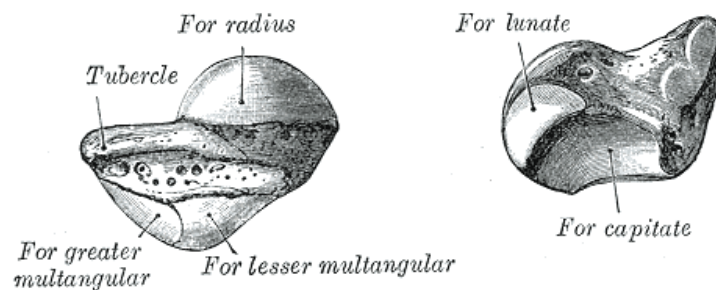
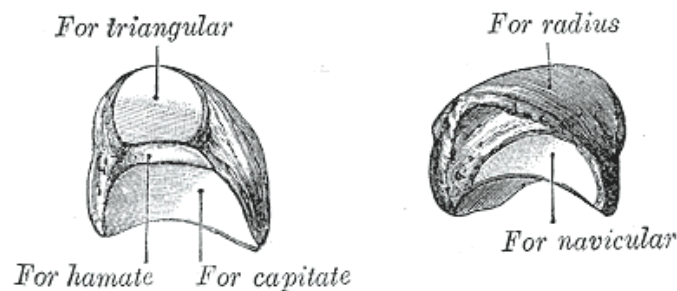


Figura 1..5 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Hueso escafoides izquierdo.

El hueso escafoides es el hueso más grande de la fila proximal, y ha recibido su nombre por su semejanza imaginaria a un barco. Una manera de entender tridimensionalmente su anatomía es pensar que su forma es como un tubo torcido y doblado en «S». Un 80% está cubierto por cartílago, distribuido en cuatro superficies articulares: a) la superficie proximal que es convexa y articula con la fosa escafoidea del radio; b) la faceta cubital en forma de luna que articula con la superficie lateral del hueso semilunar; c) la faceta distal y medial cubital que tiene forma oval y articula con la superficie lateral del hueso grande y d) la superficie distal que es convexa y puede estar dividida por una cresta en dos: una faceta medial que articula con el trapezoide y una lateral que articula con el trapecio. La función principal del escafoides es la unión mecánica entre la fila proximal y la fila distal del carpo y depende básicamente de sus articulaciones y de la estabilidad que le otorgan los ligamentos extrínsecos e interóseos.

2. El hueso semilunar (os lunatum)



.Figura 1.6 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Hueso semilunar izquierdo

El hueso semilunar puede distinguirse por su profunda concavidad y contorno semilunar. Está situado en el centro de la fila proximal del carpo, entre el escafoides y piramidal. Consta de seis carillas, siendo cuatro de estas superficies articulares y dos superficies rugosas no articulares. La carilla superior, proximal o craneal: es convexa y se articula con la celda lunar del radio. La carilla inferior, distal y caudal: es cóncava en sentido antero-posterior y articula con el hueso grande y de forma inconstante con el hueso ganchoso. La carilla anterior o ventral: es una superficie no articular, de contorno romboideo y convexa. La carilla posterior o dorsal: es una superficie no articular y rugosa. La carilla radial o lateral: se articula con el escafoides y es una superficie en forma de semiluna y la carilla cubital o medial: se articula con el piramidal y es una superficie triangular y plana.

### 3. El hueso piramidal (os triquetrum; cuneiforme)

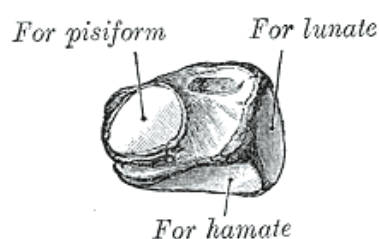


Figura 1.7 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Hueso piramidal izquierdo.

El hueso piramidal se puede distinguir por su forma piramidal, y por una faceta aislada ovalada para la articulación con el hueso pisiforme. Está situado en la parte superior y cubital del carpo. La superficie superior presenta una cara medial, áspera, no articular, y una porción articular lateral que se articula con el disco articular triangular de la muñeca. La superficie inferior, dirigida lateralmente, es cóncava, sinuosamente curva y

suave para la articulación con el ganchoso. La superficie dorsal es áspera para la fijación de los ligamentos. La superficie volar, presenta por su parte medial, una faceta oval, para la articulación con el pisiforme mientras que su parte lateral es rugosa para la fijación de los ligamentos. La superficie lateral, la base de la pirámide, está marcado por una faceta cuadrilátera plana, para la articulación con el semilunar. La superficie medial, la cumbre de la pirámide, es puntiaguda y rugosa, para la inserción del ligamento colateral cubital de la muñeca. Articula con tres huesos, el semilunar lateralmente, el pisiforme delante y con el ganchoso distalmente así como con el disco articular triangular que lo separa del extremo inferior del cúbito.

#### 4. El hueso pisiforme (os pisiforme)



Figura 1.8 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Hueso pisiforme izquierdo.

El hueso pisiforme es conocido por su pequeño tamaño y por presentar una carilla articular simple. Está situado en un plano anterior a los otros huesos del carpo y tiene forma esferoidal. Su superficie dorsal presenta una faceta lisa, oval, para la articulación con el piramidal.

#### 5. El hueso trapecio (os multangulum majus)

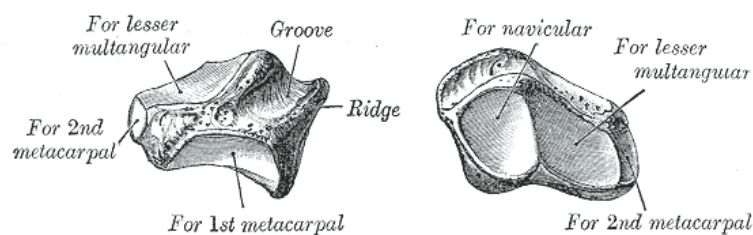


Figura 1.9 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>). Hueso trapecio izquierdo.

El trapecio se distingue por un surco profundo en su superficie palmar. Está situado en el lado radial del carpo, entre el escafoides y el primer hueso metacarpiano. La superficie superior está dirigida hacia arriba; medialmente es lisa, y se articula con el

navicular; lateralmente es áspero y continua con la superficie lateral. La superficie inferior es ovalada, cóncava de lado a lado, convexa de delante hacia atrás, a fin de formar una superficie en forma de silla de montar para la articulación con la base del primer metacarpiano. La superficie dorsal es áspera. La superficie volar es estrecha y áspera. En su parte superior se encuentra un surco profundo, corriendo desde arriba oblicuamente hacia abajo y medialmente; transmite el tendón del flexor radial del carpo, y está delimitada lateralmente por una cresta oblicua. Esta superficie da origen a las fibras del oponente del pulgar y del abductor y flexor corto del pulgar; También proporciona fijación al ligamento carpiano transverso. La superficie lateral es amplia y áspera, para la fijación de ligamentos. La superficie medial presenta dos facetas; la parte superior, grande y cóncava, se articula con el trapezoide; la inferior, pequeña y oval, con la base del segundo metacarpiano.

#### 6. El hueso trapezoide (os multangulum minus, Lesser multangular Bone)

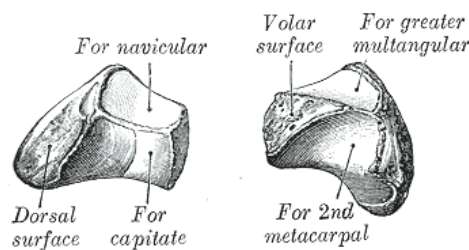


Figura 1.10 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Hueso trapezoide izquierdo.

Es el hueso más pequeño de la fila distal. Con forma de cuña, el extremo ancho de la cuña constituye la cara dorsal y el extremo estrecho la superficie volar. Tiene cuatro facetas articulares en contacto entre sí, y separadas por bordes afilados. La superficie superior, cuadrilátera, lisa y ligeramente cóncava, se articula con el escafoides. La superficie inferior se articula con el extremo proximal del segundo hueso metacarpiano; es convexa de lado a lado, cóncava de delante hacia atrás y está subdividida por una cresta elevada en dos facetas desiguales. Las superficies dorsal y palmar son ásperas para la fijación de ligamentos. La superficie lateral, convexa y lisa, se articula con el trapezio. La superficie medial es cóncava y suave en el frente, para la articulación con el grande y áspera detrás, para la fijación de un ligamento interóseo.



## 7. Hueso grande (Os magnum, capitate)

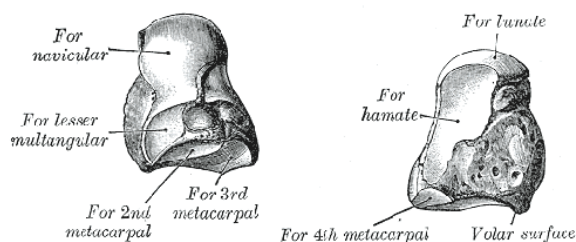


Figura 1.11 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Hueso grande izquierdo.

El hueso grande es mayor de los huesos del carpo y ocupa el centro de la muñeca. Presenta, por encima, una parte redondeada (la cabeza), que se ajusta en la concavidad formada por el escafoides y el semilunar; por debajo una parte más estrecha, el cuello y por debajo de este el cuerpo. La zona superior es redonda, lisa y articula con el semilunar. La zona inferior se divide por dos crestas en tres facetas, para la articulación con el segundo, tercero y cuarto metacarpianos. La zona dorsal es amplia y áspera. La superficie volar es estrecha, redondeada y áspera, para la fijación de los ligamentos y parte del oblicuo aductor del pulgar. La superficie lateral se articula con el trapezoide por una pequeña faceta en su ángulo ínfero-anterior, detrás de la cual hay una depresión para la fijación de un ligamento interóseo. Por encima de esta se encuentra una ranura áspera y profunda, que forma parte del cuello, y que sirve para la fijación de ligamentos; está limitado superiormente por una superficie lisa, convexa, para la articulación con el navicular. La superficie medial se articula con el ganchoso.

Por tanto el hueso grande articula con siete huesos: el escafoides y el semilunar proximalmente, el segundo, tercero y cuarto metacarpianos distalmente, trapezoide en el lado radial y el ganchoso en el lado cubital.

## 8. Hueso ganchoso

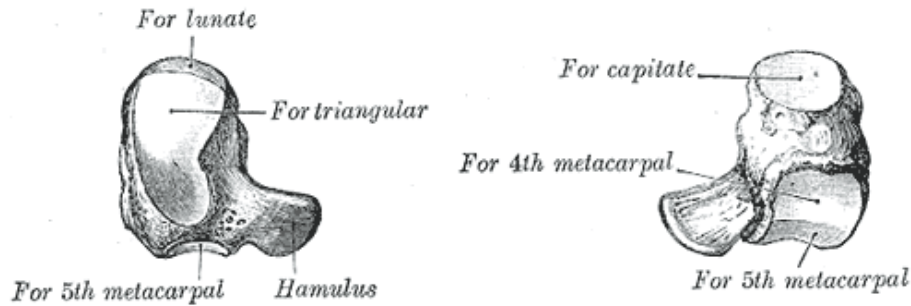


Figura 1.12 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Hueso ganchoso izquierdo.

El ganchoso puede distinguirse fácilmente por su forma de cuña, y el proceso de gancho que se proyecta desde su superficie volar. Está situado en el ángulo medial e inferior del carpo, con su base hacia abajo, descansando en el cuarto y quinto metacarpianos, y su vértice dirigido hacia arriba y lateralmente. La superficie superior, el vértice de la cuña, es estrecha, convexa, lisa, y se articula con el semilunar. La superficie inferior se articula con el cuarto y quinto metacarpianos, por facetas cóncavas que están separadas por una cresta. La superficie dorsal es triangular y áspera para la fijación de los ligamentos. La superficie volar, en su lado inferior y cubital presenta un proceso curvado en forma de gancho, el hamulus, dirigido hacia adelante y lateralmente. Este proceso da sujeción, por su vértice, al ligamento transversal del carpo y al flexor del carpo; por su superficie medial al flexor corto del pulgar y al oponente del quinto dedo; su lado lateral está ranurado para el paso de los tendones flexores en la palma de la mano. Es uno de las cuatro eminencias en la parte frontal del carpo al que está unido el ligamento carpiano transversal de la muñeca; los otros son el pisiforme medial, la cresta oblicua del trapecio y el tubérculo del escafoides. La superficie medial articula con el piramidal por una faceta oblonga, cortada oblicuamente desde arriba, hacia abajo y medialmente. La superficie lateral se articula con el grande por su parte superior y posterior, la porción restante es áspera, para la fijación de ligamentos. El ganchoso se articula por tanto con cinco huesos: el semilunar proximalmente, el cuarto y quinto metacarpianos distalmente, el piramidal medialmente y el grande lateralmente.

El **Metacarpo** consta de cinco huesos cilíndricos que están numerados desde el lado lateral del I al V y cada uno presenta un cuerpo y dos extremidades. El cuerpo tiene forma de prisma y es curvado, de manera que sea convexo en la dirección longitudinal detrás, y cóncavo delante. Presenta tres superficies: medial, lateral y dorsal.

Las superficies medial y lateral son cóncavas, para la fijación de los interóseos, y están separados uno de otro por una cresta prominente anterior. La superficie dorsal presenta en sus dos tercios distales un área lisa, triangular, aplanada que está cubierta por los tendones de los músculos extensores. Esta superficie está delimitada por dos líneas, que comienzan en pequeños tubérculos situados a cada lado de la extremidad digital, y, pasando hacia arriba, convergen por encima del centro del hueso y forman una cresta que se extiende a lo largo del resto de la superficie dorsal. Esta cresta separa dos superficies inclinadas para la fijación de los interóseos dorsales.

La extremidad carpiana (base), tiene una forma cúbica y es más amplia detrás que delante, se articula con el carpo y con los huesos metacarpianos adyacentes; sus superficies dorsal y palmar son ásperas, para la fijación de ligamentos.

La extremidad digital (cóndilo) presenta una superficie oblonga marcadamente convexa de delante hacia atrás, no tanto en sentido transversal, y aplanado de lado a lado; se articula con la falange proximal. Es más amplia, y se extiende más hacia arriba, en la parte volar que en la dorsal, y es más larga en la antero-posterior que en el diámetro transversal. A cada lado de la cabeza hay un tubérculo para la fijación del ligamento colateral de la articulación metacarpofalángica. La superficie dorsal es ancha y plana, siendo compatible con los tendones extensores; la superficie volar está ranurada en la línea media para el paso de los tendones flexores.

1. Primer metacarpiano Bone (os metacarpale I; metacarpiano del pulgar)

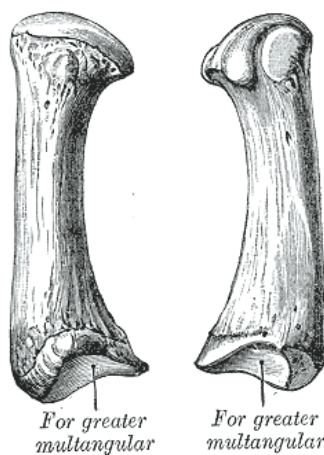


Figura 1.13 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Primer metacarpiano izquierdo.

Es más corto y más grueso que los otros, se aparta a un mayor grado del carpo, y su superficie volar está dirigida hacia la palma. El cuerpo está aplanado, se amplía en su superficie dorsal, y no presenta la cresta que se encuentra en los otros huesos metacarpianos; su superficie volar es cóncava desde arriba hacia abajo. En su borde radial se inserta el Oponente del pulgar; su borde cubital da origen a la cabeza lateral del primer interóseo dorsal. La base presenta una superficie cóncavo-convexa, para la articulación con el trapecio. No tiene facetas en sus lados, pero en su lado radial presenta un tubérculo para la inserción de la abductor largo del pulgar. La cabeza es menos convexa que las de los otros huesos metacarpianos, y es más amplia de lado a lado que de adelante hacia atrás. En su superficie palmar presenta dos eminencias articulares, de las cuales la lateral es la más grande, para los dos huesos sesamoideos en los tendones del flexor corto del pulgar.

## 2. Segundo metacarpiano (os metacarpale II; metacarpiano del dedo índice)

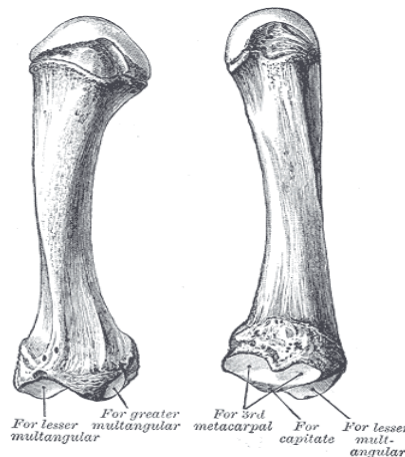


Figura 1.14 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online.<http://bartle.by.com/107>. Segundo metacarpiano izquierdo.

Es el más largo, y su base es la más grande de los demás metacarpianos. Su base se prolonga hacia arriba y medialmente, formando una cresta prominente. Presenta cuatro facetas articulares: tres en la superficie superior y una en el lado cubital. De las facetas en la superficie superior la intermedia es la más grande y es cóncava de lado a lado, convexa hacia atrás para la articulación con el trapecoide; la lateral es pequeña, plana y oval para la articulación con el trapecio; la media, es larga y estrecha para la

articulación con el grande. La faceta en el lado cubital se articula con el tercer metacarpiano. El Extensor radial largo del carpo se inserta en la superficie dorsal y el flexor carpi radial en la superficie palmar de la base.

3. Tercer metacarpiano (os metacarpale III; metacarpiano del dedo medio)

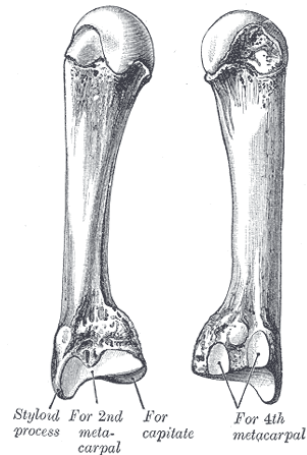


Figura 1.15 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Tercer metacarpiano izquierdo.

Es un poco más pequeño que el segundo. La cara dorsal de su base presenta en su lado radial una eminencia piramidal, la apófisis estiloides. La faceta articular carpiana es cóncava detrás, plana en frente, y se articula con el grande. En el lado radial presenta una faceta lisa, cóncava para la articulación con el segundo metacarpiano, y en el lado cubital dos pequeñas facetas ovales para el cuarto metacarpiano.

4. El cuarto metacarpiano (os metacarpale IV; metacarpiano del dedo anular)

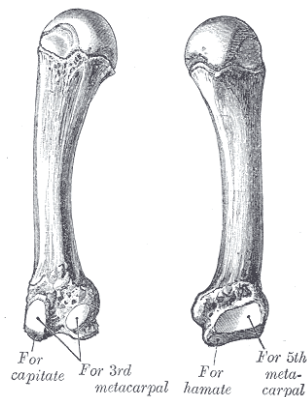


Figura 1.16 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://bartle.by.com/107>. Cuarto metacarpiano izquierdo.

Es más corto y más pequeño que el tercero. La base es pequeña y cuadrilátera; su superficie superior, presenta dos facetas, una grande medial de la articulación con el ganchoso, y una pequeña lateralmente para el grande. En el lado radial presenta dos facetas ovales, para la articulación con el tercer metacarpiano; y en el lado cubital una sola faceta cóncava, para el quinto metacarpiano.

5. El quinto metacarpiano (os metacarpale V; metacarpiano del dedo meñique)

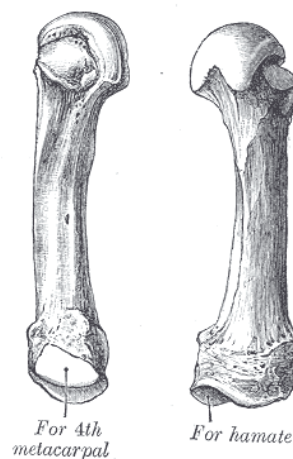


Figura 1.17 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online.<http://bartle.by.com/107>. Quinto metacarpiano izquierdo.

Presenta en su base una faceta en su superficie superior, que es cóncavo-convexa y se articula con el ganchoso y otra en su lado radial, que articula con el cuarto metacarpiano. En su lado cubital presenta un tubérculo prominente para la inserción del tendón del extensor cubital del carpo. La superficie dorsal del cuerpo está dividido por una línea oblicua, que se extiende desde cerca del lado cubital de la base hasta el lado radial de la cabeza. La parte lateral de esta superficie sirve para la fijación de los interóseos dorsales; la parte medial es suave, triangular y cubierta por los tendones extensores del dedo meñique.

Las **Falanges** de la mano (Falanges Digitorum Manus)

Las falanges son catorce en número, tres para cada dedo, y dos para el pulgar. Cada una consta de un cuerpo y dos extremidades. El cuerpo se estrecha desde arriba hacia abajo, es convexo posteriormente y cóncavo delante desde arriba hacia abajo, plana de lado a

lado; sus lados están marcados por áreas ásperas que dan sujeción a las vainas fibrosas de los tendones flexores. Las extremidades proximales de los huesos de la primera fila presentan superficies articulares cóncavas. El extremo proximal de cada uno de los huesos de la segunda y tercera filas presenta una doble concavidad separada por una cresta media. Las extremidades distales son más pequeñas que las proximales y terminan en dos cóndilos separados por un surco poco profundo.

Las falanges distales son convexas en su parte dorsal y planas en su superficie palmar; se reconocen por su pequeño tamaño, y por una superficie rugosa, elevada con forma de herradura en la superficie palmar de la extremidad distal.

### 1.2.2 Recuerdo embriológico

Los primeros esbozos de las extremidades se hacen visibles como yemas o brotes mesenquimatosos, en la pared ventrolateral del cuerpo al final de la cuarta semana del desarrollo. Al principio los esbozos de las extremidades consisten en un eje de mesénquima, derivado de la hoja somática del mesodermo lateral que forma después los huesos y el tejido conectivo de las extremidades, cubierto por una capa de ectodermo de células cuboidales.

En el borde distal de los esbozos, el ectodermo está algo engrosado y forma la cresta apical ectodérmica (CAE) que ejerce una acción inductiva en el mesénquima subyacente y hace que este permanezca como una población de células indiferenciadas, con gran actividad proliferativa, conocida como zona de progreso. Según la extremidad crece, las células más alejadas de la influencia de la cresta ectodérmica apical comienzan a diferenciarse en cartílago y músculo. De esta manera, el desarrollo de la extremidad se produce en dirección próximo distal (99).

A las seis semanas, los extremos de los esbozos se aplanan y forman las placas de las manos y los pies, separados del resto de la extremidad por una constricción circular. Luego aparece una segunda constricción que divide la porción proximal en dos segmentos, reconociéndose las partes principales de las futuras extremidades. Los dedos de las manos y de los pies se forman cuando la muerte celular en la CAE separa a esta

cresta en cinco partes.

El proceso de formación del tejido óseo u osteogénesis, se inicia desde el tejido mesenquimatoso a través de dos vías: a) endocondral o cartilaginosa, cuando la osificación se realiza sobre un molde de cartílago hialino (previamente configurada sobre el tejido mesenquimal primitivo) que va siendo progresivamente reemplazado por tejido óseo a través de fases sucesivas de proliferación, hipertrofia y muerte de condrocitos (huesos cortos y largos) o b) intramembranosa, cuando la osificación es directa desde una placa membranosa densa de mesénquima más primitivo (huesos planos craneales, maxilares y la mayor parte de la clavícula).

La osificación de los huesos largos y cortos de los miembros es una osificación endocondral o cartilaginosa (figura 18), así, la osificación se realiza sobre un molde de cartílago hialino rodeado de pericondrio. El modelo cartilaginoso, a nivel de la futura diáfisis, sufre la invasión de un brote vascular que erosiona al tejido originando el centro primario de osificación. Se hipertrofian los condrocitos, aumentan las superficies de las lagunas y se reduce la matriz cartilaginosa a finos tabiques. Tras el depósito de calcio (calcificación) los condrocitos se degeneran y mueren. Simultáneamente las células del pericondrio, en la parte central de la diáfisis, adquieren propiedades osteogénicas transformándose en periostio. A través de osificación intramembranosa se forma el collarete diafisario o perióstico (Eynard *et al.* 2008)(100), permitiendo la entrada de una yema osteogénica o brote perióstico, compuesto por células osteoprogenitoras y hemopoyéticas. Los vasos de este brote se ramifican y envían capilares a los extremos del molde; las células osteoprogenitoras se diferencian a osteoblastos los cuales depositan matriz. La matriz ósea se calcifica y se forma un complejo de cartílago y hueso calcificado. A medida que el hueso subperióstico crece, desde la diáfisis hacia la epífisis, los osteoclastos comienzan a resorber formando la cavidad medular, finalmente el cartílago es reemplazado por el hueso de la diáfisis.

A la sexta semana de desarrollo pueden identificarse los primeros moldes de cartílago hialino, que anuncian la formación de los huesos de las extremidades y ya hacia la duodécima semana de desarrollo están presentes en todos los huesos largos de las extremidades los “centros de osificación diafisarios (primarios)”. A partir del centro



primario que se halla en el cuerpo o diáfisis del hueso, la osificación encondral avanza gradualmente hacia los extremos del molde cartilaginoso.

El *centro secundario de osificación* se inicia en las epífisis por un proceso similar al de la diáfisis. Un brote proveniente del pericondrio invade el cartílago iniciando el depósito de tejido óseo y la eliminación del tejido cartilaginoso, excepto en la superficie articular que permanece cartilaginosa durante toda la vida y en la placa epifisiaria que controla el crecimiento en longitud del hueso.

Durante el *crecimiento en longitud* de los huesos largos, los condrocitos de la placa epifisiaria proliferan e intervienen en la osificación endocondral del hueso. La zona en que la diáfisis pasa a ser epífisis se llama *metáfisis* y es la zona donde se produce la eliminación de cartílago y el depósito óseo.

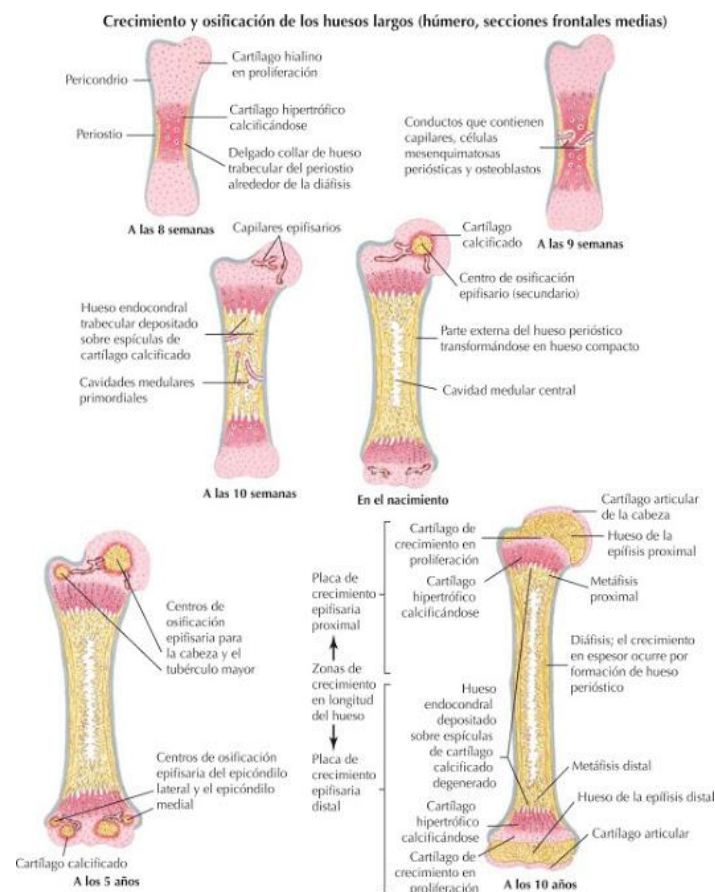


Figura 1.18 Tomado de Sistema esquelético: osificación encondral. Frank Netter. 2012. <http://netterimagesblog.blogspot.com/2012/01/sistema-esqueletico-osificacion.html>

En condiciones ideales, se puede reconocer el esqueleto fetal en radiografías abdominales desde la décima semana de gestación. No obstante, lo habitual es que entre las semanas 18 y 20 se pueda evidenciar la presencia de los núcleos de osificación de los elementos posteriores de la columna vertebral como una cadena de densidades óseas. Entre las semanas 20 y 25 puede evidenciarse la base del cráneo y los huesos largos. A las semanas 24 a 26 se evidencia el núcleo de osificación del calcáneo y dos semanas después, el del astrágalo. Entre las semanas 36 y 40 se desarrollan la epífisis distal del fémur y la proximal de la tibia. En el 90% de los fetos a término se puede encontrar osificado el centro distal del fémur y en el 85%, el proximal de la tibia. Al nacimiento se pueden identificar en las radiografías los centros de osificación primarios de los huesos largos, incluidos manos y pies, así como los cuerpos vertebrales y elementos posteriores vertebrales, escápula, clavícula, pelvis, base del cráneo, calota y huesos faciales.

### 1.2.3 Osificación postnatal

En el momento del nacimiento la diáfisis del hueso está completamente osificada pero los extremos, que reciben el nombre de epífisis, son todavía cartilaginosos lo que desempeña un importante papel en el crecimiento longitudinal del hueso. En los huesos largos hay una placa epifisaria en ambos extremos; en los más pequeños, como las falanges, sólo en un extremo. A ambos lados de la placa continúa la osificación endondral. Cuando el hueso ha alcanzado su longitud completa, las placas epifisarias desaparecen y las epífisis se unen con la diáfisis del hueso.

De acuerdo con Krogman e Isçan, el proceso de osificación en el ser humano sigue una secuencia de acontecimientos fisiológicos en los huesos reconocibles tanto en el examen morfológico directo como en el examen radiológico. Así, en el proceso de maduración ósea postnatal pueden evidenciarse radiológicamente, sigue las siguientes fases (101):

1. Desde el nacimiento a los 5 años de edad. En esta fase, aparecen todos los centros de osificación que no se habían desarrollado antes del nacimiento. Los núcleos de osificación pueden ser de dos tipos: centros primarios o diafisarios y

centros secundarios o epifisarios. En el ser humano la mayoría de los centros primarios se hallan en el momento del nacimiento al haberse formado durante el periodo embrionario y fetal; también, algunos centros secundarios: cabeza humeral, epífisis distal del fémur y epífisis proximal de la tibia. Si bien, los centros secundarios suelen desarrollarse tras el nacimiento hasta los 5 años.

2. Desde los 5 a los 12 años de edad. Durante este periodo, los centros de osificación ya formados van creciendo y van conformando la forma de los huesos adultos. También aparecen algunos centros secundarios.
3. Desde los 12 a los 20 años de edad. Éste es el periodo de la fusión de las epífisis con las diáfisis de los huesos largos.
4. Desde los 20 a los 25 años de edad. Durante este nuevo periodo, se producen cambios en la sínfisis púbica y en el extremo esternal de las costillas. Se culmina el cierre epifisario de los centros de las vértebras. Comienza el cierre de las suturas craneales.
5. Desde los 25 a los 36 años de edad. Se produce un cierre más activo de las restantes suturas craneales, así como cambios en la sínfisis púbica y las costillas.
6. Desde los 36 a los 50 años de edad. Se mantienen y avanzan los cambios de la fase anterior. Se aprecian, además, cambios osteofíticos marginales localizados en regiones articulares, como la fosa glenoidea de la escápula, o en los cuerpos e interapofisarias de las vértebras. Hacia los 40 años suele desaparecer la llamada “cicatriz” epifisaria, residuo del cierre epifisario en los huesos largos que puede persistir tras la culminación del proceso de fusión epifisodiafisario desde los 20 años.
7. Desde los cincuenta años al fallecimiento. En esta última fase, a los cambios de la fase anterior, se suman cambios degenerativos erosivos y osteoporóticos en los huesos largos y planos. Estos cambios son progresivos y más acusados en los extremos epifisarios articulares. Se observan, además, cambios en las costillas y

en la trabeculación ósea en estudios radiográficos.

Como en el resto de los métodos de diagnóstico de edad en antropología física y forense, la precisión disminuye de forma progresiva a medida que aumenta la edad del sujeto de estudio. Según los autores citados, la precisión de una estimación de edad basada en cambios osteológicos, en condiciones óptimas, tendría un margen de error aproximado de 3 meses para la fase 1, 6 meses para las fases 2 y 3, 9 meses para la fase 4, 2 años para las fases 5 y 6 y 5 años para la fase 7.

Estudiando el proceso de osificación de la muñeca y mano se comprueba que en el recién nacido no se han formado todavía los núcleos de osificación epifisarios (2<sup>rios</sup>) del radio, cúbito, de los huesos del carpo, metacarpianos ni falanges. Poco a poco, las epífisis comienzan a osificarse siguiendo un patrón bastante predecible (tabla 1.3 y figura 1.19) aunque influenciado por diversos factores, hasta la edad adulta.

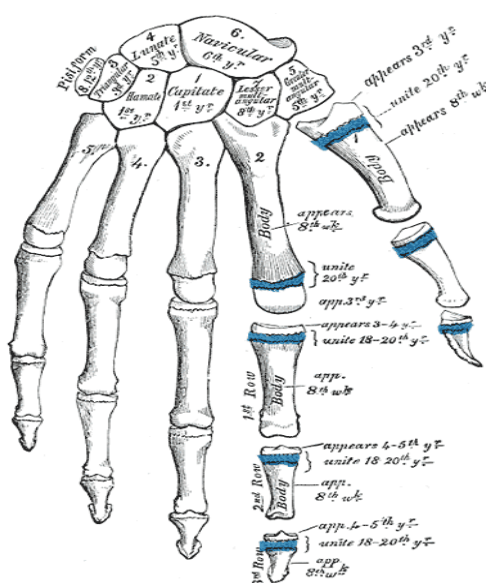


Figura 1.19 Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online.<http://bartle.by.com/107>. Osificación de la mano.

Centros de osificación	VARONES	MUJERES
Distal cúbito	5,2 años	4 años y 6 meses
Distal radio	7 meses	6 meses
Hueso grande	2 meses	2 meses
Hueso ganchoso	2 meses	2 meses
Piramidal	10 meses	10 meses
Pisiforme	9,1 años	7,1 años
Semilunar	2 años	2 años
Escafoides	4 años y 4 meses	3 años y 2 meses
Trapezio	4 años y 2 meses	2 años y 8 meses
Trapezoide	4 años y 8 meses	3 años
1 <sup>er</sup> metacarpiano	22 meses	14 meses
1 <sup>a</sup> falange 1 <sup>er</sup> dedo	23 meses	15 meses
2 <sup>a</sup> Falange 1 <sup>er</sup> dedo	12 meses	8 meses
2 <sup>o</sup> metacarpiano	13 meses	10 meses
1 <sup>a</sup> falange 2 <sup>o</sup> dedo	12 meses	8 meses
2 <sup>a</sup> falange 2 <sup>o</sup> dedo	18 meses	13 meses
3 <sup>a</sup> falange 2 <sup>o</sup> dedo	2 años y 5 meses	17 meses
3 <sup>er</sup> metacarpiano	15 meses	10 meses
1 <sup>a</sup> falange 3 <sup>er</sup> dedo (prox)	11 meses	7 meses
2 <sup>a</sup> falange 3 <sup>er</sup> dedo	18 meses	12 meses
3 <sup>a</sup> falange 3 <sup>er</sup> dedo	21 meses	14 meses
4 <sup>o</sup> metacarpiano	16 meses/3 años y 3 m	11 meses/2 años y 2 m
1 <sup>a</sup> falange 4 <sup>o</sup> dedo	12 meses	7 meses
2 <sup>a</sup> falange 4 <sup>o</sup> dedo	18 meses	12 meses
3 <sup>a</sup> falange 4 <sup>o</sup> dedo	21 meses	14 meses
5 <sup>o</sup> metacarpiano	3 años y 8 meses	2 años y 5 meses
1 <sup>a</sup> falange 5 <sup>o</sup> dedo	15 meses	11 meses
2 <sup>a</sup> falange 5 <sup>o</sup> dedo	2 años	15 meses
3 <sup>a</sup> falange 5 <sup>o</sup> dedo	2 años y 5 meses	17 meses
Sesamoideo (flexor corto pulgar)	11,8 años	9,4 años

Tabla 1.3. Edad de aparición de los centros de osificación de muñeca y mano en población caucásica  
*Origen:* Krogman WM, Isçan MY. The Human Skeleton in Forensic Medicine. 2<sup>a</sup> ed. Springfield: Charles C Thomas; 1986.

Así, inicialmente el estudio de la edad se basa en la aparición de los núcleos de osificación epifisarios (2<sup>ños</sup>) y posteriormente en el tamaño, la morfología ósea y los signos de fusión metafisodiafisaria. Podemos distinguir cuatro etapas:

1. Infancia precoz [RN-10 meses (♀); RN-14 meses (♂), Edad preescolar o infancia tardía [10 meses-2años (♀); 14 meses-3 años (♂)] y Edad Escolar [2-7años (♀); 3-9 años (♂)].

En la infancia precoz la estimación de la EO mediante la radiografía de muñeca y mano es difícil debido al escaso n° de núcleos de osificación, por ello, se recomienda la valoración de los centros de osificación secundarios presentes en la extremidad inferior a nivel del tobillo y pie.

El radio se osifica a partir de tres centros: uno para el cuerpo, y uno para cada extremidad. El del cuerpo hace su aparición cerca del centro del hueso, durante la octava semana de vida fetal. Sobre los 6 meses en la mujer y sobre los 7 meses en el varón, comienza la osificación en el extremo inferior.

El cúbito se osifica a partir de tres centros: uno para el cuerpo, otro para la extremidad inferior o distal, y otro para la parte superior o proximal. La osificación comienza cerca de la parte media del cuerpo, alrededor de la octava semana de vida fetal, y pronto se extiende a través de la mayor parte del hueso. Sobre los 4 años y 6 meses en la mujer y los 5,2 años en el varón aparece el centro de osificación secundario a nivel distal.

Los huesos del carpo se osifican desde un solo centro según una secuencia usual de aparición: grande (2 meses), ganchoso, piramidal, semilunar, trapecio, trapezoide, escafoides y pisiforme (7♀-9♂ años).

Los metacarpianos se osifican a partir de dos centros: uno para el cuerpo y otro para la extremidad distal de cada uno de los segundo, tercero, cuarto y quinto metacarpianos. El primer hueso metacarpiano se osifica igual que las falanges.

Las falanges se osifican a partir de dos centros: uno para el cuerpo, y uno para la extremidad proximal. La osificación se inicia en el cuerpo, alrededor de la octava semana de vida fetal.

La secuencia de osificación suele ser la siguiente: falanges proximales, metacarpianos, falanges medias y falanges distales.

## 2. Fase de pubertad temprana [7 años-13 años (♀); 9 años-14 años (♂)].

En esta etapa aparecen los centros de osificación del pisiforme (7♀, 9♂) y del sesamoideo del pulgar (9♀, 11♂), que inicia su calcificación aproximadamente un año antes de que se produzca el pico máximo de crecimiento (PMCP).

Los indicadores de maduración ósea se centran inicialmente en la valoración del tamaño de las epífisis en relación con las metáfisis adyacentes. Según progresa la maduración, se objetiva un crecimiento de los núcleos de osificación epifisarios tanto en grosor como en anchura, hasta igualar a la anchura de las metáfisis. Más tarde, en la etapa de pubertad temprana, estos centros epifisarios sobrepasan la metáfisis y comienzan a “abrazarla o encapsularla” con los finos picos óseos (fase de pubertad temprana y media con estadio Tanner 2-3/4)(102).

## 3. Pubertad (Tanner 3-4/5) [13-15 años (♀); 14-15 años (♂)]

La valoración de la maduración ha de centrarse en el grado de fusión de las epífisis de las falanges con sus respectivas metáfisis, que suele seguir una secuencia característica y distinta a su formación: falanges distales, metacarpos, falanges proximales y falanges medias.

## 4. Postpubertad [15-17 años (♀); 17-19 años (♂)]

En este grupo de edad, todos los huesos del carpo están completamente desarrollados y casi todas las fisis de los metacarpianos y falanges fusionadas, (Tabla 4), siendo las

últimas epífisis en fusionarse las del cúbito y radio.

Centro de osificación	Edad intervalo (años)
Radio extremo distal	18-19
Cúbito extremo distal	18-19
Metacarpianos	15,5-16,5
Primeras falanges	15-16
Segundas falanges	15-16
Terceras falanges	14,5-15,5

Tabla 1.4 Fusión de los núcleos de osificación muñeca y mano *Origen:* Krogman WM, Isçan MY. The Human Skeleton in Forensic Medicine. 2ª ed. Springfield: Charles C Thomas; 1986.

#### 1.2.4 Anatomía radiológica

La exploración estándar de la mano y muñeca debe incluir al menos una proyección posteroanterior (PA) y una lateral. Otras proyecciones incluyen la proyección anteroposterior (AP) así como la oblicua (103).

Las proyecciones (AP Y PA) se diferencian por la localización de la estiloides cubital, por lo que en una proyección estándar AP, la estiloides cubital está localizada centralmente debido a la supinación del antebrazo y en la vista PA la estiloides cubital se localiza hacia el borde cubital por rotación neutra del antebrazo.

El orden de lectura de una radiografía simple de la mano y la muñeca debe realizarse en sentido distal a proximal, es decir desde los penachos ungueales, hasta la articulación radiocubital distal.

Se debe valorar lo siguiente:

1. Desarrollo normal.
2. Anomalías del desarrollo y variantes anatómicas.
3. Displasias óseas y enfermedades congénitas.
4. Lesiones Traumáticas.
5. Artropatías.
6. Tumores y lesiones pseudotumorales.
7. Enfermedades metabólicas, hematológicas, vasculares e infecciosas.



8. Osteonecrosis.

9. Deformidades adquiridas.

#### 1.2.4.1 Desarrollo normal

Conocer la anatomía del desarrollo normal es fundamental para interpretar y valorar las radiografías de la muñeca y de la mano en edades pediátricas.



Figura 1.20 Radiografía de la mano y muñeca. Tomado del Atlas de Rakosi, 1992. (104)

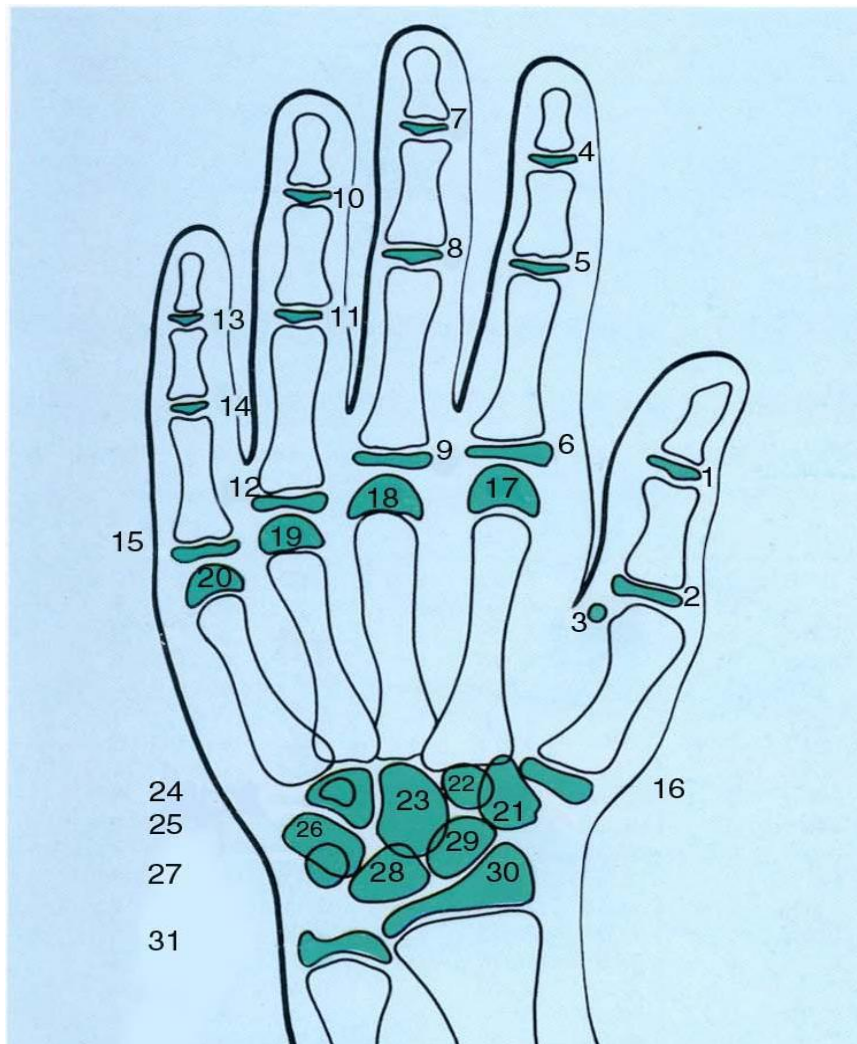


Figura 1.21 Esquema de la mano y muñeca. Tomado del Atlas de Rakosi, 1992.

1- Epífisis de la falange distal del pulgar. 2- Epífisis de la falange proximal del pulgar. 3- Hueso sesamoideo aductor. 4- Epífisis de la falange distal del dedo índice. 5- Epífisis de la falange media del dedo índice. 6- Epífisis de la falange proximal del dedo índice. 7- Epífisis de la falange distal del dedo medio. 8- Epífisis de la falange media del dedo medio. 9- Epífisis de la falange proximal del dedo medio. 10- Epífisis de la falange distal del dedo anular. 11- Epífisis de la falange media del dedo anular. 12- Epífisis de la falange proximal del dedo anular. 13- Epífisis de la falange distal del dedo meñique. 14- Epífisis de la falange media del dedo meñique. 15- Epífisis de la falange proximal del dedo meñique. 16- Epífisis del primer hueso meta- carpiano. 17- Epífisis del segundo hueso metacarpiano. 18- Epífisis del tercer hueso meta- carpiano. 19- Epífisis del cuarto hueso meta- carpiano. 20- Epífisis del quinto hueso meta- carpiano. 21- Trapecio. 22- Trapezoide. 23- Hueso Grande. 24- Ganchoso. 25- Apófisis unciforme del ganchoso. 26- Piramidal. 27- Pisiforme. 28- Semilunar. 29- Escafoides. 30- Epífisis distal del radio. 31- Epífisis distal del cubito.

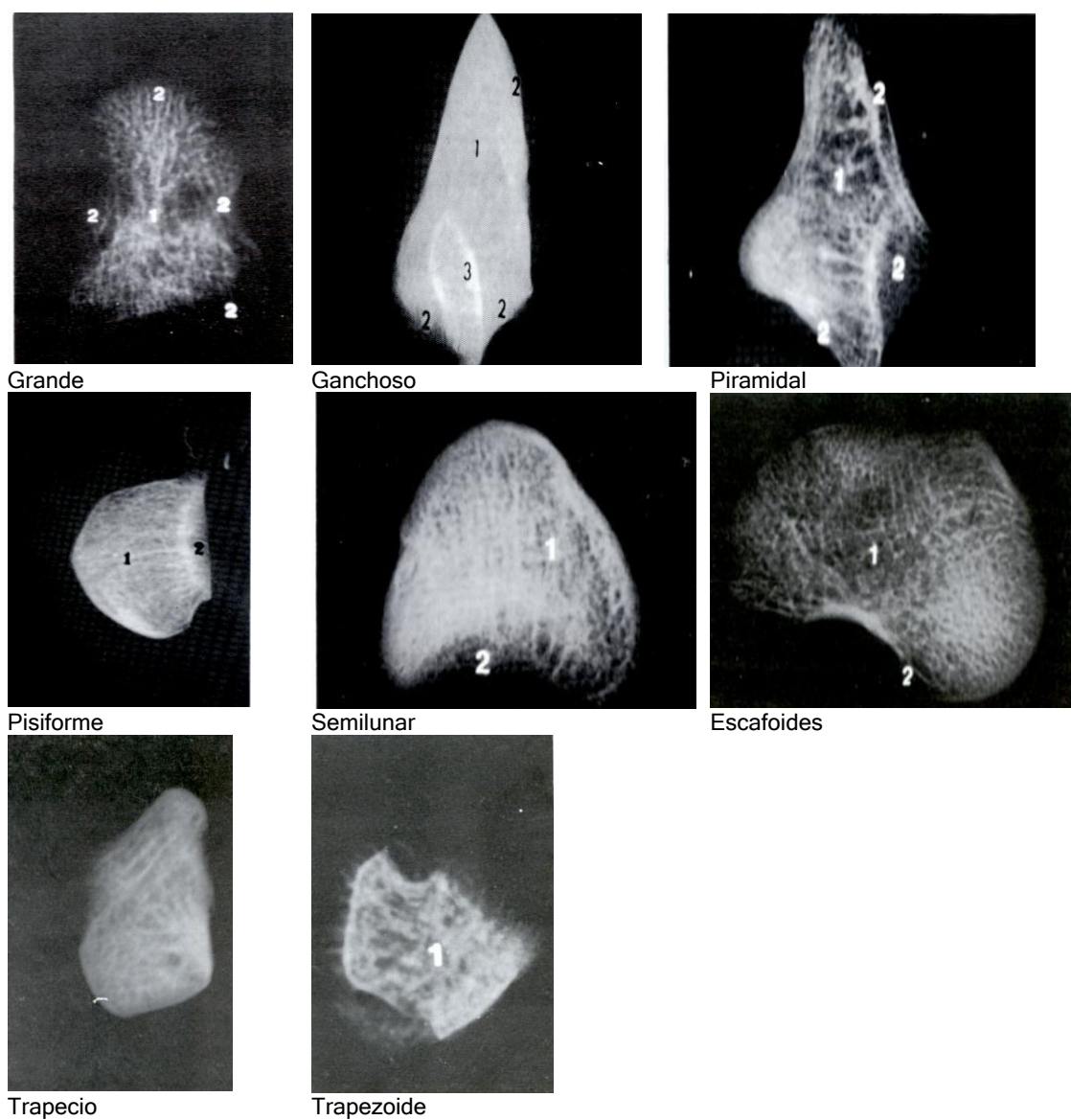


Figura 1.22 Imágenes radiográficas del carpo. Tomado de Villavicencio (1996)(105)

#### 1.2.4.2 Anomalías del desarrollo y variantes anatómicas.

Existen múltiples anomalías del desarrollo que debemos tener en cuenta en la interpretación radiológica:

1. Deformidad de Madelung.
2. Sinostosis Carpiana-Luno-Piramidal.
3. Anomalías del escafoides carpiano: escafoides bipartito (diagnóstico diferencial con fracturas) y escafoides hipoplásico.

4. Hueso estiloideo (carpe bossu). Es una protuberancia ósea apoyada en la superficie de la segunda y de la tercera articulación carpometacarpiana.
5. Braquidactilia (Braquimesofalangia). Es un acortamiento de la falange media del desarrollo, más frecuente en el quinto dedo.
6. Hueso metacarpiano corto. Es una variante de braquidactilia, asociado al síndrome de Turner, pseudohipoparatiroidismo y pseudopseudohipoparatiroidismo, habitualmente afecta el cuarto metacarpiano.
7. Sindactilia. Es la ausencia de diferenciación entre dos o más dedos del desarrollo, fusión de los dedos parcial o completa.
8. Sinostosis falángica (Sinfalagismo). Es la ausencia de segmentación de dos falanges del mismo dedo, puede ser bilateral, normalmente asociado a ausencia de núcleos de osificación.
9. Pulgar bífido. Es una forma de polidactilia en que dos falanges terminales se presentan juntas o la falange distal esta bifurcada.
10. Pulgar trifalángico. Es una falange supernumeraria y se sitúa entre las falanges proximal y distal del pulgar.
11. Deformidad de Kirner (Distelefangia). Es una inclinación palmar de la díafisis de las quintas falanges distales, no dolorosas y se consideran una variante aislada normalmente.
12. Macrodactilia (gigantismo localizado). Se produce un sobrecrecimiento tanto de tejidos blandos como de las estructuras óseas de un dedo.

#### 1.2.4.3 Displasias esqueléticas

1. Síndrome de Turner: presenta el cuarto metacarpiano corto y falanges en forma de palillos.
2. Síndrome de Marfan: presenta aracnodactilia y dedos largos y delgados.
3. Osteopoiquilia: se producen focos osteoescleróticos circulares y ovales localizados en los metacarpianos, huesos carpianos, radio y cubito.
4. Melorreostosis: Se produce hiperostosis perióstica y endóstica asimétrica, que se extiende comparándola a una vela de cera.
5. Síndrome de Hurler: Se produce un afilamiento de la base de los metacarpianos, así como ensanchamiento de las falanges proximal y distal de los dedos.

#### 1.2.4.4 Lesiones traumáticas

1. Fracturas de los huesos del carpo
2. Fracturas de la placa epifisaria.
3. Luxaciones y fracturas-luxaciones del carpo.
4. Inestabilidad de ligamentos.
5. Fracturas-luxaciones de la mano.

#### 1.2.4.5 Artropatías de muñeca y mano

La patología inflamatoria articular en la muñeca y mano es bastante frecuente. Las enfermedades que pueden afectar a estas articulaciones van desde la artropatía degenerativa hasta todas las afecciones inflamatorias articulares, como la artritis reumatoide, las artropatías seronegativas, las artropatías por depósito de cristales y las enfermedades del tejido conectivo, entre otras.

#### 1.2.4.6 Tumores y lesiones pseudotumorales

1. Tumores benignos (encondroma solitario, tumor de células gigantes de hueso, quiste óseo aneurismático, quiste epidermoide).
2. Tumores malignos (condrosarcoma, sarcoma osteogénico, sarcoma de Ewing, metástasis)

1.2.4.7 Enfermedades metabólicas (osteoporosis generalizada, osteoporosis regional por reacción simpático-refleja y por desuso, la acroosteolisis en el hiperparatiroidismo y en la osteodistrofia renal) e infecciosas (osteomielitis piógena aguda).

#### 1.2.4.8 Osteonecrosis

Se afectan fundamentalmente el hueso escafoides (Enfermedad de Preiser -no traumática-, necrosis avascular traumática), el semilunar (Enfermedad de Kienbock's) y el grande. La isquemia aislada de otros huesos del carpo es extremadamente rara. La

Enfermedad de Thiemann es una osteonecrosis de las epífisis falángicas secundaria a traumatismo, se observa en edades entre 11 y 19 años.

#### 1.2.4.9 Enfermedades adquiridas

La radiografía de la mano-muñeca contiene información que puede guiar al clínico al diagnóstico de enfermedades/síndromes que pueden o no estar asociados una edad ósea anormal. Los ejemplos incluyen enfermedades que afectan la formación de cartílago y/o hueso y que frecuentemente resultan en imágenes típicas tales como huesos anchos y cortos (hipocondroplasia), metáfisis irregulares y aumento del índice de triangulación (asociadas a la haplo-insuficiencia de SHOX o el síndrome de Turner, y el síndrome de Léri-Weill) o acortamiento del 4° y 5° metacarpianos (pseudohipoparatiroidismo). Muchas enfermedades endócrinas se asocian con hallazgos típicos en las radiografías mano/muñeca, por ejemplo raquitismo (mineralización anormal del cartílago de crecimiento), hipotiroidismo (retardo en el desarrollo del carpo), hiperparatiroidismo (resorción cortical). Además, muchas enfermedades crónicas tiene hallazgos radiológicos típicos que pueden ser reconocidos en los radiogramas de la mano/muñeca, por ejemplo artritis idiopática juvenil (osteopenia periarticular y ensanchamiento metafisiario) y sarcoidosis (pequeñas lesiones líticas). También varias condiciones que cursan con sobre-crecimiento tienen características típicas tales como el síndrome de Marfan (metacarpo/falanges delgadas y gráciles)(106)

### 1.2.5 Estudio radiológico del carpo y de la mano izquierda para la estimación de la edad ósea

#### 1.2.5.1 Breve reseña histórica

El carpo y la mano han sido objeto de estudio mediante métodos radiológicos desde los primeros momentos de desarrollo de la radiología.

El 28 de diciembre de 1895 Wilhelm Conrad Röntgen publicó su artículo “Über eine neue Art von Strahlen”, que entregó al presidente de la Sociedad Físico-Médica de Wurzburg incluyendo la primera radiografía de la que se tiene registro en la historia, donde aparecía la mano izquierda de su esposa. Ya en 1896 Angerer en Munich propuso

su uso en la región del carpo y la aplicación de los resultados como indicadores de edad ósea (17).

Prior (1904), fue uno de los primeros investigadores en darse cuenta de la importancia biológica de la variable densidad ósea en las radiografías de manos infantiles y estableció tres principios importantes: 1. Los huesos de las niñas se osifican antes que los del niño. 2. Independientemente de las variaciones que ocurren dentro de la normalidad, la osificación es simétrica. 3. La variación en la osificación de los huesos es un rasgo hereditario.

Entre las series primitivas que analizaron la maduración epifisaria del carpo como objeto principal de estudio o en el contexto de una serie general de huesos largos, se encuentran las de Adair y Scammon (1921), Stevenson (1924), Davies y Parsons (1927), Howard (1928), Borovansky y Hnevkovsky (1929), Paters (1929), Galstaun (1930), Sidhom y Derry (1931), Meenes y Holly (1932), Tood (1937), Werle (1939), Greulich y Pyle (1959), Tanner y Whitehouse (1962-1975-2001); Björk (1963-1972); Earl Bergensen (1972); Grave y Brown (1976); Taranger y Hagg (1976 y 1980); Fishman, (1979-1982-1987), los cuales realizaron métodos de evaluación ósea con diferentes técnicas para lograr un mayor grado de precisión y objetividad.

Fue necesario esperar a los proyectos de grandes series longitudinales de población que se desarrollaron a principios del siglo XX bajo los auspicios de fundaciones privadas, tanto en Europa como en Estados Unidos, para que el estudio del carpo acabara adoptando un papel preferente entre las regiones anatómicas estudiadas para el diagnóstico de la edad, especialmente durante la adolescencia (Bañón R. 2004)(107).

En 1937, Todd recopiló las radiografías de la mano realizadas a los individuos de un estudio desarrollado en la Western Reserve University de Cleveland, Ohio, y, junto con comparaciones de una serie de esqueletos que analizó, publicó su *Atlas of Skeletal Maturation*, basado en la selección de una radiografía de la mano representativa para cada edad y sexo. Dicha radiografía debía cumplir dos premisas: tener igual grado de desarrollo para los 28 huesos y núcleos de osificación objetos de estudio y debía corresponder a un individuo con un grado de desarrollo corporal situado en la media de

lo que correspondería a su edad y sexo.

El Atlas de Todd se usó como referencia hasta que en, el año 1950, fue revisado por Greulich y Pyle dando lugar al famoso atlas que se sigue usando de forma habitual hoy en día: *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*, publicado en dos ediciones en 1951 y en 1959. La serie de Greulich y Pyle se basó en una muestra total de 6.879 niños sanos de origen norteamericano y de clase media-alta. Les realizaron series de radiografías de carpo y mano en total de 2 a 21 por cada niño. Estos fueron examinados a intervalos de 3 meses durante el primer año post-natal; luego cada 6 meses entre el primero y quinto año; anualmente hasta la pubertad y cada 6 meses hasta los 18 años de edad.

Este Atlas consiste en una serie de radiografías cada una de las cuales representa la maduración ósea típica de acuerdo a edad y sexo. Sus valores normales describen el grado de maduración de un grupo de niños caucásicos y para su empleo se coteja la radiografía a evaluar con las del Atlas y aquella que más se le asemeje ofrecerá la información de la "edad ósea" alcanzada por el individuo. En caso de existir un notable asincronismo entre los núcleos, se aplica el método semicuantitativo que aporta el mismo atlas o, simplemente, valora la edad del sujeto mediante la obtención de un valor promedio de edad ósea por similitud de la radiografía problema con las radiografías estándar recogidas en el atlas, y desde ellas se hacen estimaciones de normalidad basadas en horquillas de resultados mediante valores de desviación estándar.

Este método resulta de fácil aplicación, por lo que ha sido bien aceptado sin embargo, su debilidad consiste en que al comparar las radiografías se puede introducir un alto porcentaje de subjetividad.

Durante la Segunda Guerra Mundial comienza el Oxford Child Health Survey, llevado a cabo por Ryle en 470 niños. Entre las mediciones realizadas se incluía la toma de una radiografía del carpo, que fue analizada por Roy Acheson(108). Este autor intentaba mejorar el rendimiento de los atlas del sistema Todd mediante un aumento en las precisiones del análisis, para lo cual propuso:



- Que cada hueso o núcleo de osificación se estudiara por separado.
- Que cada hueso o núcleo de osificación tuviera asignado previamente un estadio discontinuo de maduración, al que se le asignaba una puntuación progresiva.
- Que se obtuviera una puntuación final de madurez total a partir de la suma de las puntuaciones parciales de cada hueso por separado.

De esta forma se obtiene del estado de maduración esquelética un valor continuo que puede ser utilizado en los cálculos de crecimiento como la talla o el peso. El procedimiento de Acheson posteriormente fue refinado por Tanner y Whitehouse en la forma de las tablas Tanner-Whitehouse (TW)(109). El estudio de cada mano ofrece, con este método, una puntuación total que puede ser procesada para proporcionar un grado de madurez general que se ha de comparar con tablas y distribuciones de resultados por edades y sexos basados en distribuciones por percentiles.

El método de Tanner-Whitehouse (TW), tiene tres ediciones:

- TW1 (1962) (2),
- TW2 (1975)(74) en el que se propusieron 3 sistemas: TW2-20 huesos, TW2-carpo (evalúa los huesos del carpo salvo el pisiforme:7 huesos) y TW2-RUS (evalúa las epífisis de crecimiento del radio -R-, cúbito -ulnus- y los huesos cortos de la mano -Short bones-, en concreto metacarpianos y falanges de los dedos 1º, 3º y 5º un total de 13 huesos)
- y TW3 (2001) (75) en la que se eliminó el sistema TW2-20.

Prácticamente todos los métodos de evaluación que se han propuesto han ponderado todos los centros de osificación. El método inspeccional utilizado en los Atlas como el de Greulich y Pyle, teóricamente elimina errores sistemáticos, pero el éxito de los distintos métodos depende de su continua purificación eliminando los factores que pueden contribuir a error. Johnston y Jahina (110) se propusieron examinar que tipo y que grado de error se produciría por la falta de un sistema de ponderación, asumiendo que el esqueleto de mano y muñeca está regulado por dos sistemas intrínsecos distintos, los relativos a sus dos componentes, carpo y epífisis. Tanner y Whitehouse recomendaron ignorar los huesos del carpo en una primera medición. Este cambio se

publicó en la última versión del método de TW en 2001, cuando se abandonó el método TW de 20 huesos (RU+huesos cortos+7 carpo) por el de 13 huesos (RU+huesos cortos) como la principal manera de medir la EO, argumentando que el desarrollo de los huesos del carpo no juega un rol en la predicción de la estatura adulta.

Fundamentalmente, por lo tanto, existen dos grandes tipos de métodos destinados al estudio de la edad ósea en mano y muñeca, los métodos de atlas, de los que el Atlas de Greulich y Pyle (GP) es la principal referencia internacional, y los métodos numéricos, de los que las tres ediciones del método de Tanner-Whitehouse son la principal referencia. Ambos utilizan la radiografía posteroanterior de la mano y muñeca y se basan en el reconocimiento y análisis de los indicadores de madurez de Todd.

¿Qué método resultaría más adecuado utilizar?. Podría parecer en principio que un método numérico como el Tanner-Whitehouse debería ser más fiable, pero en la práctica se halla sometido a errores intraobservador e interobservadores similares a los del GP y se halla influido negativamente por fallos técnicos derivados de una posición incorrecta de la mano en el momento de realizar la radiografía, que pueden ser solventados de forma más correcta por los métodos gráficos. Algunos autores recomiendan la aplicación de GP en lugar de TW3 con fines clínicos basándose en un criterio de economía de medios al haber comprobado que TW3 es mucho más costoso en tiempo y que sus resultados son similares a GP (14, 17).

Numerosos estudios tratan de verificar el grado de concordancia que muestran entre sí los métodos más usados en la medición de la edad ósea (Greulich y Pyle frente a Tanner-Whitehouse) y determinar el grado de concordancia de la edad ósea determinada mediante dichos métodos con la edad cronológica en los niños según la población de origen pero es difícil sacar conclusiones de sus datos porque hay resultados contradictorios debidos a diferentes diseños de estudio, diferente experiencia de los evaluadores y diferentes mediciones de la variabilidad inter-ensayo.

La interpretación de los resultados obtenidos de la edad ósea por cualquiera de los métodos disponibles debe adaptarse a las características de la población del sujeto de estudio por ello, debería utilizarse un método adaptado a la población de origen del

sujeto objeto de estudio. Así, en España el estudio de crecimiento de Bilbao permitió obtener una serie amplia de radiografías de niños normales y elaborar el atlas de Hernández, que reflejaba la maduración ósea de la muestra estudiada, para adaptarla a la población española (30).

La comparación del atlas de Hernández con el de Greulich y Pyle (13) mostró que los niños españoles tienen un ligero retraso hasta la edad de 6 años; desde esta edad hasta los 14 años, la diferencia se incrementa y es de 3 a 6 meses, pero a partir de este momento, la maduración de nuestros niños avanza y finaliza 6 meses antes que la de los niños americanos. En las niñas se observa este mismo fenómeno sólo que más acentuado, hasta el punto de que la edad ósea de las niñas españolas es superior en 6 meses a partir de los 12 años. Cuando se comparan los datos del TW2-RUS con los estándares británicos, se observa que hasta la edad de 5 años en las niñas y de 7 años en los niños, las curvas se superponen, pero a partir de esta edad las correspondientes a nuestros niños se desplazan hacia arriba. Esto indica que los niños españoles maduran más rápidamente que los británicos y alcanzan la máxima puntuación (1000 puntos) un año antes; a los 15 y 17,2 años respectivamente. Las diferencias son más marcadas para las niñas en la etapa prepuberal pero durante la pubertad, tanto las niñas como los niños, tienen una maduración ósea superior en un año a los ingleses (111).

#### 1.2.5.2 Exploración estándar

La exploración estándar de las edades óseas en niños mayores de 2 años, incluye una proyección posteroanterior (PA) de la muñeca y mano izquierda.

Estructuras mostradas: toda la mano y muñeca, así como unos 2,5 cm del antebrazo distal.

Posición: El paciente sentado frente a la mesa de exploración coloca el brazo en extensión completa y apoya sobre el chasis el antebrazo y la mano en pronación con los dedos ligeramente separados. La muñeca ha de estar en posición neutra sin flexión, extensión o desviación, de forma que los ejes longitudinales del radio, grande y tercer metacarpiano queden en línea recta.

Colimación y rayo central: el haz de rayos será vertical y perpendicular a la cabeza del tercer metacarpiano 3°. Colimar los cuatro lados teniendo en cuenta los bordes externos de la mano y muñeca.

Criterios de exploración: con una densidad y contraste óptimo y sin movilidad, que se muestren los bordes de las partes blandas y un patrón trabecular claro y nítido.

Limitaciones: la proyección en oblicuo del primer dedo, el solapamiento de las bases del segundo al quinto metacarpiano, del trapecio con el trapecoide y del piramidal con el pisiforme y que la estiloides cubital se ve de perfil formando parte del contorno óseo.

#### 1.2.6 Simetría de la maduración esquelética

Uno de los principios que estableció Pryor (112), fue que independientemente de las variaciones que ocurren dentro de la normalidad, la osificación es simétrica ya que, teniendo en cuenta los numerosos centros de osificación que hay en la muñeca y mano, habría muchas posibilidades de que existiera asimetría (55 oportunidades de asimetría en cada mano) y sin embargo la simetría es prácticamente perfecta.

Se asume que diferencias pronunciadas entre ambas manos son excepcionales y que aunque puedan existir, el grueso de la evidencia disponible, sustenta la tesis de que a efectos prácticos discrepancias entre los dos lados son tan insignificantes que no pueden constituir una fuente de error en la estimación de la maduración ósea Dreizen et al. (113).

No obstante, si bien muchos autores habían advertido asimetrías en el crecimiento y maduración de manera casual en el curso de sus investigaciones sobre otros aspectos del desarrollo del esqueleto, datos cuantitativos habían sido recogidos con poca frecuencia.

Los estudios de simetría entre ambas manos se enfocaron desde distintos ángulos: investigando el número y tamaño de los núcleos de osificación presentes y ausentes, su orden cronológico de aparición, la presencia de extra-epífisis, realizando medidas

detalladas del área carpal, valorando el grado de maduración de los huesos individuales y estimando la edad ósea global.

Pero la simetría también puede estudiarse dentro de una misma mano, valorando si los grupos de huesos del carpo maduran a la vez que las epífisis o cuánto aporta cada componente a la maduración global de la muñeca/mano.

#### 1.2.6.1 Número de núcleos de osificación presentes

Si bien lo más habitual es que exista el mismo número de núcleos de osificación simultáneamente en ambas manos, se han encontrado pequeñas diferencias tanto durante la vida fetal, como al nacimiento y en la infancia.

Mennes y Holly (1932) (114) estudiaron una muestra de 500 niños americanos dentro de las 48h de vida, comprobando la presencia unilateral de los centros de osificación del carpo y de las epífisis 32 veces (6,4%) en esta serie, encontrando mayor prevalencia de asimetría en varones (7,22%) que en mujeres (5,49 %). En concreto reportaron que el hueso grande estaba presente en el nacimiento en un 4% en los varones y en un 8% en las mujeres y porcentajes similares en el ganchoso.

Flecker (1932) (115) señala que "se han recogido casos en los que un centro está presente en una mano y ausente en otra y que de 25 de tales ejemplos, estaban presentes en la mano derecha pero no en la izquierda en 16 casos, mientras que en 9 casos estaban presentes en la izquierda y no en la derecha". No se recogen datos de la muestra.

Elgenmark (1946) (116) en una serie de 59 niños escandinavos (28 niños y 31 niñas) de entre 4 y 60 meses, encuentra un total de 11 centros de osificación (18,6%): 4 (36%) en la mano derecha y 7 (63,6%) en la mano izquierda, que estaban ausentes en el miembro opuesto, concluyendo que las diferencias bilaterales tienden a localizarse en las epífisis de las falanges dada la gran variabilidad en la data de aparición de estos huesos.

Joseph (1949) (117) en una serie de 309 europeos adultos, recoge 16 casos de

asimetría (5,17%) del sesamoideo interfalángico del primer dedo, en 12 varones está presente en 5 casos sólo en la mano derecha y en 7 sólo en la izquierda y en 4 mujeres está presente 3 veces sólo en la derecha y 1 sólo en la izquierda y en una serie de jóvenes europeos 130 varones (13-18 años) y 102 mujeres (11 a 16 años), recoge 15 casos de asimetría (6,46%), 5 en varones en los que sólo estaba presente en el lado derecho, y 10 en mujeres en los que está presente sólo en la mano derecha en 4 casos y sólo en la izquierda 6 casos.

Torgersen (1951) (118) en una muestra de 404 niños menores de 9 años, comprobó que en 249 casos (61,63%) no había diferencias en el número de los centros de osificación, pero que en 155 casos (38,37%) la mano derecha estaba más avanzada en 60 casos (14,85%) mientras que la izquierda lo estaba en 95 casos (23,52%).

Dreizen (1957) (113) en su muestra de 450 niños, valorando la presencia de un centro de osificación del carpo en un lado y la ausencia en el otro, recoge un total de 17 casos (3,7%): piramidal 2 (1d, 1i), semilunar 3 (3d), escafoides 4 (4i), trapecio 4 (2d, 2i), trapezoide 4 (1d, 3i).

Roche (1963) (119) en su muestra de 119 casos, 46 de los 61 chicos y 27 de las 58 chicas, presentaban el mismo número de núcleos de osificación en ambos lados (61,34%), en el resto (38,6%: 15 varones, 31 mujeres) había una tendencia a que hubiera un mayor número de huesos osificados en la mano izquierda que en la derecha pero esta diferencia no era estadísticamente significativa en ambos sexos. Diferencias laterales en el número de huesos osificados eran más comunes entre los huesos del carpo que en los huesos largos de la muñeca y mano, si bien las diferencias encontradas no eran estadísticamente significativas.

Sawtell (120) refiriéndose a los núcleos de osificación del carpo señalaba que en los raros casos en los que el primer núcleo aparece antes en una mano que en otra, el segundo centro con frecuencia comienza su osificación dentro de los siguientes 3 meses.

#### 1.2.6.2 Tamaño de los huesos

En la búsqueda de una técnica más objetiva que la inspeccional, numerosos autores desarrollaron una técnica de medida de huesos en la radiografía (Baldwin, 1921; Lowell & Woodrow, 1922; Carter, 1926; Baldwin et al. 1928; Sawtell, 1929; Prescott, 1933; Cattell, 1934; West, 1936), si bien criticada por engorrosa, lenta e inexacta ofrecía un nuevo enfoque en la evaluación de la maduración ósea (Shuttleworth, 1938) (108, 121).

Baldwin (1921) fue el primero en comunicar datos de las medidas de los huesos del carpo con este propósito, utilizando un calímetro para medir el área total del carpo (incluyendo huesos del carpo y epífisis distales de radio y cúbito). Posteriormente Baldwin, Busby y Garside(1928) (121) publicaron series de dichas medidas en niños escolares, pero dividieron el área total osificada por un área rectangular acotada por un calibrador, siendo este cociente el porcentaje de osificación. Esta ratio es un índice de osificación del carpo del niño, corregido con su talla y comparable con los índices de otros niños. Refleja el estatus de desarrollo del esqueleto del niño como un todo y puede correlacionarse con la edad cronológica en niños que presentan un desarrollo normal. En sus estudios no encontraron diferencias estadísticamente significativas en ningún sexo.

Similares métodos fueron desarrollados por Carter(1924) (122, 123) y Kelly (1925)(124). Más tarde este método se simplificó midiendo sólo la longitud o la anchura como Schmid. F and Moll. H(125)(1960).

Sawtell (1929)(126) en una muestra de 112 niños (58 varones y 54 mujeres), midió la anchura de las epífisis distales del radio y cúbito de ambas muñecas, concluyendo también que de media no hay diferencias reales en el tamaño de la epífisis del radio y cúbito.

Baer (1957)(127) cita como limitaciones de estos dos métodos: (1) que utilizar la presencia o ausencia de un centro de osificación restringe la investigación a la fase inicial de la maduración y además no considera aquellos casos en que ambos están presentes pero con diferente forma o tamaño, (2) que la técnica de medida de la superficie de los huesos ofrece una medida de asimetría de los huesos del carpo pero es menos útil en la medida de las epífisis de los metacarpianos y de las falanges; además el

análisis de la diferencia no puede sustituir a la estimación del grado de maduración, teniendo en cuenta que dos huesos pueden tener la misma superficie pero diferir en forma o proporción y (3) estos métodos no permiten compensar los distintos grados de maduración.

Los métodos planimétricos, son todavía viables como evidencian el método de Cameriere et al (2006)(71) o el método de Ebrí (2015)(128),

#### 1.2.6.3 Maduración ósea individual

Dreizen (1957)(113) encuentra valores de simetría entre el 22% del radio y el 42% de la falange distal del 5º dedo. El lado derecho está más avanzado que el izquierdo desde el 30% del trapecio, hasta el 57% del radio, mientras que el lado izquierdo excede al derecho desde el 18% de la falange media del 2º dedo al 43% del semilunar. La diferencia más pronunciada la encuentra en el radio, siendo el  $d > i$  57%,  $i > d$  21% y  $d = i$  22%. Las diferencias son estadísticamente significativas en los varones y también en las mujeres salvo con el cúbito. Desviaciones mayores de 6 meses fueron encontradas con mayor frecuencia en el semilunar, II metacarpiano, falange proximal y distal del 1er dedo y falanges medias. Diferencias mayores de 12 meses se apreciaban con mayor frecuencia en el área del carpo.

Baer M.J y Durkatz J. (1957) (127) en una muestra de 474 radiografías de muñeca y mano derecha e izquierda (123 niños, 122 niñas), de niños sanos (239 caucásicos, 5 negroides, 1 mongol), establecen el grado de maduración de los huesos del carpo y epífisis basándose en las etapas de maduración descritas e ilustradas por GP en 1950, pero considerando sólo 3 estadios de maduración (0 ausencia, I apariencia inicial, II núcleo redondeado y márgenes suaves, III se visualizan las superficies articulares de los huesos del carpo y las epífisis empiezan a confrontarse con las metáfisis), encontrado que en ambos sexos, los huesos del carpo tomados como un grupo, presentan mayor porcentaje de asimetría que las epífisis de los huesos largos de la mano, hecho descrito ya por Pyle y Sontag (1943), el porcentaje medio de asimetría encontrando en los 15 huesos para los cuales los datos están disponibles en ambos sexos, es del 32,63% en los varones y 30,21% en las mujeres, no encontrando



diferencias estadísticamente significativas ( $t=0,873$ ,  $p=0,40$ ).

En ambos sexos, los huesos del carpo como conjunto presentan mayor % de asimetría (45,84 % en los varones y un 41,4 % en las mujeres) que las epífisis (24,80 % en los varones y del 24,5 % en las mujeres), esta asimetría correlaciona significativamente con el orden de aparición de los centros de osificación. En los varones la mano derecha estaba avanzada en 147 casos y la izquierda 139; en las mujeres la derecha estaba avanzada 96 veces y la izquierda 111, si bien las diferencias no eran estadísticamente significativas en ambos sexos y en aquellos casos en las que una u otra están avanzadas, los mismos huesos están involucrados, concluyendo que el grado de asimetría bilateral que ocurre en la población de niños sanos está en función de la variabilidad que existe en la aparición de los núcleos de osificación siendo necesario establecer criterios de diferenciación entre variaciones hereditarias o patológicas.

Caffey (129) señalaba como regla que los núcleos secundarios de osificación de los huesos largos de la mano presentan una maduración más uniforme que los centros primarios del carpo, coincidiendo con los hallazgos de Dreizen y de Baer.

Roche (1963) (119) comprueba que la mayor parte de los huesos tendían a estar más maduros en el lado izquierdo que en el derecho, en ambos sexos, pero más en el varón y que en algunos huesos la diferencia era estadísticamente significativa sobre todo en los varones (grande, ganchoso, metacarpos II, III y IV, falange proximal del IV, falange media del III), frente a las mujeres (falange proximal de dedos II y III y falange distal del I) pero no encuentran evidencia de que sea más común entre los huesos del carpo que entre los huesos largos.

Dentro de este proceso de maduración individual también se ha estudiado cuánto aportan el carpo y las epífisis en la estimación de la maduración ósea global.

El proceso de maduración y crecimiento de las epífisis de cúbito y radio y de metacarpianos y falanges de la mano (encondroplasia) difiere del de los huesos del carpo (osteogénesis condral), son procesos distintos, Al nacimiento los centros primarios de los huesos de la mano están bien osificados, y sin embargo los huesos del

carpo se encuentran todavía bajo un proceso de osteogénesis condral; posteriormente ambos se encuentran bajo la influencia de numerosas hormonas y factores del crecimiento que actúan de forma distinta según el tipo de hueso, por tanto son dos grupos de huesos que maduran, de alguna manera, de forma independiente por lo que es lógico pensar que pueda haber discrepancias en su osificación como han confirmado diferentes autores Sawtell (1929) (126), Robinow (1942)(130), Tanner (109), unas a favor de la relativamente avanzada maduración del carpo y otras a favor del retraso de maduración del carpo frente a las epífisis como señalan Johnston y Jahina (110),

Levine (1972) (131) en una muestra de 2250 niños de Pretoria (513 blancos, 305 negroides, 254 de color y 231 indios) de edades entre los 72 a 143 meses, asignaron la edad ósea a cada uno de los 25 núcleos de la mano-muñeca (salvo pisiforme y falange distal primer dedo, 7 carpo, 18 epífisis), siguiendo el estándar de Greulich y Pyle. Se estimó como edad epifisaria la media de las edades óseas de las 18 epífisis y como edad carpal la media de las edades óseas de los 7 huesos del carpo. Encontraron en los varones una tendencia al retraso madurativo del carpo respecto a las epífisis. En las mujeres negroides, de color e indias las epífisis presentaban retraso madurativo frente al carpo y en las de raza blanca, carpo y epífisis maduraban a la par. Encuentran evidencia que sugiere que el carpo es una mayor fuente de error intraobservador en la evaluación de la maduración ósea que las epífisis de la muñeca-mano, que el carpo muestra más variabilidad en el comienzo de la osificación, mayor frecuencia de asimetría bilateral en la maduración y menor capacidad de predicción en la evaluación de la maduración ósea global.

Por tanto, cabe plantearse, si el estatus madurativo global de muñeca y mano es exactamente el resultado de la suma de la maduración del carpo y de las epífisis. En principio parece razonable pensar que no contribuyen en el mismo porcentaje, mientras que en las niñas la maduración es pareja, en los niños se evidencia cierto retraso en el área del carpo.

Acheson et al. (108), en 97 niños del estudio Oxford, estudiaron la maduración ósea global de la mano (media de las puntuaciones totales), y el total se subdividió en las partes correspondientes al carpo, epífisis de mano y epífisis de cubito y radio,

observando que el gran incremento en la maduración global en ambos sexos se hacía a expensas de las epífisis de la mano, proponiendo que se disminuyera la aportación de las mismas al total.

El carpo como grupo, muestra asimetría bilateral en la maduración con mayor frecuencia de las epífisis de la mano (113, 127), además, en el periodo postpuberal, el carpo ya es radiológicamente adulto por lo que el estatus madurativo tendría que ser estimado sólo mediante las epífisis (Johnston and Jahina, 1965)(110). Así, se sugirió que el carpo fuera excluido en la evaluación de la maduración ósea (Garn et al.)(132), ya que no era un buen indicador de lo que estaba pasando en otras partes del esqueleto.

Acheson et al. (133) eran partidarios de esa exclusión y señalaron que cuando el carpo diverge en relación con las epífisis, éste no debería tenerse en cuenta en la estimación global de la maduración ósea. Johnston y Jahina(110): señalaron ¿si no ha de tenerse en cuenta el carpo cuando difieren, porqué incluirlo siempre?, ellos también encontraron en su muestra una tendencia a que los huesos del carpo presentaran un retraso respecto a los de las epífisis.

Ahora bien, teniendo en cuenta que la maduración de estos grupos de núcleos de osificación carpo/epífisis están controlados por diferentes factores, el estudio conjunto daría más información sobre el niño que el uso individual. Se ha sugerido (Hewitt et al. 1955)(134) que la maduración del carpo es más susceptible de retraso por patologías que la de las epífisis, por lo que omitir la maduración del carpo en la evaluación de la maduración ósea puede conllevar una pérdida importante de información sobre el estado salud de un niño.

Pryor (112) señalaba que aunque los centros de osificación prácticamente siempre aparecen en la misma secuencia, la edad de aparición y el proceso de osificación podría retrasarse por diferentes patologías nutricionales y metabólicas en función de la intensidad y duración de las mismas. Todd (1937), Francis y Werle (1939), Francis (1940), Pyle et al. (1948) y Mann et al. (1948) expresaron también la importancia de las endocrinopatías, enfermedades y deficiencia nutricional crónica, como fuente de asimetría.

Dreizen (135) en un estudio llevado a cabo en 160 niños con deficiencia nutricional crónica a 82 de los cuales les dieron diferentes suplementos de leche y a 78 de ellos nada, evaluaron la maduración de los 28 núcleos de osificación de la muñeca y mano comprobando que no todos los núcleos se afectan de la misma manera: los más retrasados eran las falanges medias y distales mientras que los menos retrasados eran el grande y el ganchoso y que al corregir las deficiencias de la dieta se produce una aceleración de la maduración que no afecta de igual manera a todos los huesos (los más adelantados aceleran su maduración), lo que hace que se incremente la prevalencia de asimetría en esta área.

Como ya he señalado, la maduración ósea está controlada por diferentes factores, se sabe que los esteroides sexuales afectan mucho más a los huesos cortos que a los largos o los huesos del carpo. Esto implica que los huesos más útiles para el diagnóstico y monitorización de la pubertad precoz son los huesos cortos (al igual que ocurre en los paciente con hiperplasia adrenal congénita).

Hewitt et al. 1955 (134), señaló que la maduración del carpo es más susceptible de retraso por patologías que la de las epífisis,

Poznansky, A.K, Gran, S.M, Kuhns, L.R y Sanduski, S.T (136) señalan que en muchas malformaciones congénitas la maduración ósea no sigue los patrones descritos por Greulich y Pyle y que no es infrecuente encontrar diferencias en el nivel madurativo del carpo y de las falanges, estando normalmente los huesos del carpo menos maduros tanto en casos donde la maduración ósea está retardada (trisomía 18) como en aquellos en que está adelantada (gigantismo cerebral). En otros casos los centros del carpo están desproporcionalmente retrasados, como el grande en las displasias epifisarias, el semilunar en la homocistinuria y el escafoides en la anemia de Fanconi y en otros síndromes de hipoplasia radial, como en el Síndrome de Jüergers-Hayward. Traumatismos locales, exostosis, enfermedades inflamatorias como la artritis reumatoide pueden afectar a huesos individuales y otras como aquellas que actúan con factores locales como un incremento de la vascularización local (hemangioma, malformaciones arteriovenosas, artritis reumatoide...) pueden

incrementar la maduración de una mano respecto a la otra. No es frecuente encontrar alteraciones (adelanto/retraso) en las epífisis de las falanges en los síndromes malformativos congénitos excepto cuando se asocian a grandes anomalías como en el síndrome de Apert.

Diferentes estudios han confirmado un mayor retraso madurativo del carpo tanto en el déficit como en la insensibilidad a la hormona del crecimiento, en concreto, Even, L et al (2014)(137) en una muestra de 95 prepúberes, 30 con déficit de GH y 65 con talla baja idiopática, estimaron la edad ósea por áreas (carpo, epífisis de huesos largos y epífisis de huesos cortos de la mano) según el atlas de Greulich y Pyle, al inicio del estudio y tras 1 y 2 años de tratamiento. Como resultado encontraron un retraso de la maduración ósea en los pacientes con déficit de GH mayor para el área del carpo ( $3,6 \pm 1,3$  años), que en la de los huesos largos ( $3,0 \pm 1,3$  años) y cortos ( $1,7 \pm 1,1$  años), el retraso no era significativamente mayor para los huesos del carpo en el déficit de GH que en la talla baja idiopática ( $3,1 \pm 1,1$  años) y se normalizaba tras 2 años de tratamiento. Concluyen que es necesario hacer una estimación de la maduración del área del carpo por separado.

De esta manera, realizar un análisis por separado del estatus madurativo de carpo y las epífisis es importante para ayudar a comprender mejor la fisiología y el control endocrino de la maduración ósea y porque puede informar sobre el estado salud o enfermedad de un niño.

#### 1.2.6.4 Maduración ósea global

Algunos estudios sobre maduración ósea realizados antes de la aparición del método inspeccional de Todd, concluían que las diferencias en la maduración ósea entre ambas manos eran muy pequeñas; sin embargo, Long y Caldwell (1911) y Allen (138), citados por Roche (119), registraron marcadas diferencias laterales.

Algunos autores sugieren que la maduración ósea tiende a estar más avanzada de media en una mano que en la otra. Schinz, Baensch, Friedl y Uehlinger (1951) (139), señalan que la izquierda generalmente está más avanzada que la derecha, al igual que Torgersen

(1951)(140). Menees y Holly (1932)(141), sin embargo, señalan que cuando los centros de osificación aparecen de forma asimétrica tienden a aparecer de forma más temprana en la mano derecha. Baer (1957) (127) señala que ninguno de estos estudios aporta datos estadísticos que permitan establecer la significación de las diferencias encontradas, mientras que Roche (1963)(119) señala que si se encontraron diferencias estadísticamente significativas pero demasiado pequeñas para ser fuente de error.

Greulich y Pyle (1951) (142) publicaron el análisis de la evaluación de radiografías de ambas muñecas y manos, de un total de 435 niños, en 422 casos (97,01%) la edad ósea de la mano izquierda era la misma que la EO de la mano derecha, en los 13 casos (2,98%) restantes había una diferencia en la edad ósea.

Torgersen (1951)(118) en su muestra de 404 niños de menos de 9 años, y usando la diferencia entre el número de centros de osificación como criterio de maduración esquelética, comprobó que no había diferencia en 249 casos, que la mano derecha estaba más avanzada en 60 casos mientras que la izquierda lo estaba en 95 casos, confirmando lo señalado Schinz, et al., si hay alguna diferencia, la mano izquierda esta generalmente más avanzada que la derecha, considerando las diferencias demasiado pequeñas para ser una fuente de error en la determinación del estado de desarrollo. Señala que los factores neuromusculares harían que la maduración fuera diferente en ambas manos estando más retrasada la mano derecha posiblemente debido a una mayor inervación y que también influiría en el orden de aparición de los núcleos de osificación siendo los últimos centros en aparecer los del escafoides y trapecio, apareciendo la epífisis del primer metacarpiano después de las epífisis de otros metacarpianos. La maduración procede más lentamente en la muñeca derecha y en particular en el lado radial y en el pulgar, que son los más importantes desde un punto de vista funcional.

Dreizen et al. (1957) (113), aplicando los principios del método inspeccional de Todd y el método del Red-Graph (143), realizaron una evaluación cuantitativa y una comparación de la simetría de las radiografías. En su estudio compararon las radiografías de la mano derecha e izquierda (utilizando idénticos procedimientos de posición, exposición y procesamiento) de 450 niños blancos, británicos de la región de Birmingham (227 niños y 223 niñas) de edades comprendidas entre 1 mes hasta 16 años

y 11 meses, que fueron examinados consecutivamente en la Clínica de Nutrición del Hospital Hillman en Birmingham, Ala. Todas las radiografías fueron evaluadas mediante el Atlas de Greulich y Pyle, incluyendo todos los centros de osificación excepto el pisiforme y los sesamoideos. Los valores del estado de maduración de cada uno de los 28 centros restantes, la edad ósea y el grado de asimetría se obtuvieron para cada lado, derecho e izquierdo y se analizaron estadísticamente los resultados obtenidos, encontrando más madura la mano derecha que la izquierda. La EO de la mano derecha (EOd) era mayor que la edad ósea de la mano izquierda (EOi) en 235 casos (52%), igual en 117 casos (26%) y menor en 98 casos (22%). De los 333 casos en los que la EOd era distinta a la EOi, en 291 casos (87%), la diferencia era entre 1 y 3 meses, en 37 casos (11,5%) entre 4 y 6 meses y en tan solo 5 casos (1,5%) excedía en 6 meses (3 entre 7-9m, 1 entre 10-12m y 1 >12m). La diferencia fue estadísticamente significativa en los varones.

En su atlas de maduración esquelética, Todd (1937)(15) señalaba que evaluadores con experiencias muy desiguales evalúan fácilmente las radiografías con una divergencia de 6 meses, por lo que Dreizen señala que aplicar una tolerancia de 6 meses en los datos obtenidos en esta serie, muestra solo 5 (1,1%) de los 450 niños con una disparidad de EO entre las dos manos de más de 6 meses. Estos hallazgos muestran que las diferencias en la maduración ósea entre ambas manos son tan pequeñas que pueden ser despreciadas.

En la serie de Baer (1957)(127) en los varones la mano derecha está más avanzada en 147 casos y la izquierda en 139 casos, mientras que en las mujeres la derecha está más avanzada en 96 casos y la izquierda en 111 casos, si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Roche (1963)(144) en su estudio con una muestra de 119 niños (61 varones y 58 mujeres) con edades comprendidas entre los 3 años y 5 meses a los 4 años y 7 meses, evaluadas usando los estándares de Greulich-Pyle, comprueba que sí que existen diferencias laterales de edad ósea entre las dos manos en ambos sexos (la mayor diferencia encontrada fue de 1,76 meses en la mujer y 1 mes en el varón) y que dicha diferencia fue estadísticamente significativa en los varones. El lado más maduro fue con

mayor frecuencia el izquierdo tanto en varones como en mujeres. Concluyó que aunque se encontraron diferencias reales en la media de edad ósea, estas eran demasiado pequeñas para limitar seriamente la utilidad de la evaluación basada en el área manomueca.

Poznanski et al. (1971) (136) señalan que variaciones en la maduración entre la mano izquierda y la mano derecha se pueden producir de manera normal en la población, pero las diferencias son mínimas; sin embargo, en las malformaciones congénitas recomiendan la obtención de radiografías de ambas manos ya que pueden tener mayor grado de asimetría. Concluyendo que los patrones anormales de osificación en las malformaciones congénitas hacen que el concepto de edad ósea sea menos significativo pero cuando el patrón es groseramente diferente de lo normal puede ser útiles en el diagnóstico.

de Moraes, L.M.E (1995) (145) en una muestra de 207 sujetos brasileños sanos (99 varones y 108 mujeres) de edades comprendidas entre los 4 años y 1 mes a los 12 años y 11 meses, aplicando el método de Greulich y Pyle en radiografías de ambas manos encuentra en la muestra global una tasa de simetría bilateral (centros de osificación similares, patrón de GP igual) del 55% y de asimetría del 44,4 %: discreta (centros de osificación diferentes pero dentro del patrón de GP) de 38,64% y acentuada (patrón de GP diferente): del 5,79%. En la muestra por sexo los varones presentan una tasa de simetría del 47,5% y de asimetría del 52,5% mientras que las mujeres presentan una tasa de simetría del 63% y de asimetría del 37,0%. Encontró diferencias acentuadas en la EO en sólo 12 individuos (5,79%) de la muestra, 5 varones (4,95%) y 7 mujeres (7,58%) sin significación estadística, concluyendo que la estimación de la edad ósea se puede realizar en ambas manos ya que se obtienen resultados estadísticamente iguales y aunque encuentra diferencias estas son suficientemente pequeñas para no influir en la estimación de la edad ósea por el método de GP.

Coronado MA (2008) (146) en una muestra de 84 sujetos (54 varones, 30 mujeres), de edades comprendidas entre 8 y 15 años, aplicando el método de Abdel-Kader (147) que estima la edad ósea valorando la falange media del tercer dedo (MP3), en radiografías de ambas manos concluye que la distribución de todos los estadios fue la misma en ambas manos, a excepción de 3 casos en los estadios H e I. El estadio H de la



mano izquierda tuvo tres pacientes menos en relación con la derecha y en el estadio I de la mano izquierda tuvo tres pacientes más en relación con la derecha. Al aplicar la prueba de chi cuadrado (95%), encontraron que ambas manos estuvieron altamente correlacionadas ( $p < 0.005$ ), afirmando que las diferencias no fueron significativas.

Martin DD et al (2010)(96) analizaron 3.374 radiografías de mano izquierda y 2.752 radiografías de mano derecha de niños de edades comprendidas entre los 2-20 años con el método automatizado BoneXpert, La mano izquierda y la mano derecha dan la misma edad ósea en promedio ( $<0,07$ ) y la desviación estándar entre las partes es de 0,25 años, lo que señalan, indica una excelente precisión del método automatizado.

Hackman, L y Black, S (2012) (148) en una muestra 808 sujetos sanos escoceses (545 varones, 273 mujeres) de edades comprendidas entre 1 año y 21 años, incluyendo un total de 403 radiografías de la mano izquierda y 415 radiografías de la mano derecha, estimaron la edad ósea según el método de Greulich y Pyle en todas las radiografías y además voltearon las radiografías de la mano derecha para obtener la misma orientación que la mano izquierda y concluyeron que aunque no hay una diferencia significativa en la fuerza de la relación entre la edad cronológica y la edad ósea en la mano izquierda y derecha, se aconseja que, cuando sea posible, se elija la mano izquierda para la comparación, pero cuando esto no es posible y solo dispongamos de la radiografía de la mano derecha, se volteee la radiografía a través del eje vertical para mantener una conformidad de enfoque con el procedimiento operativo estándar.

Safer A.N et al. (2015) (149) en una muestra de 125 sujetos (65 varones, 60 mujeres) de edades comprendidas entre los 8 y los 20 años, determinan la edad ósea en radiografías de ambas manos con el método de los 11 indicadores de maduración esquelética de Fishman (150) (skeletal maturation indicators SMIs) y las comparan entre ellas, según la dominancia de la mano, el género y la edad cronológica. En sus resultados indican que no encuentran diferencias en las puntuaciones de ambas manos ( $P > 0,70$ ); el 79% de los casos no había diferencias independientemente de la dominancia, género o edad, sin embargo, cuando los casos se categorizaban basándose en las puntuaciones de edad ósea, había una diferencia significativa, sujetos en el grupo SMI 1.3 (prepuberal) presentaban una puntuación mayor en la mano izquierda que en la

derecha (maduración más avanzada) y los del grupo SMI 11 (crecimiento completo) presentaban mayor puntuación derecha que izquierda. Concluyen que aunque no se observaron diferencias laterales globales significativas en las puntuaciones es recomendable obtener una radiografía de la mano-muñeca izquierda para estimar la terminación del crecimiento en pacientes quirúrgicos jóvenes.

Por tanto, la simetría ha sido apoyada por numerosos estudios; sin embargo, se sigue usando la mano izquierda por razones de estandarización.

Greulich y Pyle justificaron el uso de la mano izquierda para determinar la maduración ósea, basándose en las directrices establecidas por el Convenio Internacional para la Unificación de mediciones antropométricas que se harán en el sujeto vivo, en las Conferencias de antropólogos físicos que se llevaron a cabo en Mónaco 1906 y en Ginebra 1912 (151). Estas directrices declararon, dentro de una lista de principios generales sobre mediciones antropométricas, que para mediciones pareadas, el lado izquierdo es el recomendado. También argumentaron, que sabiendo que en muchas poblaciones el número de personas diestras es mayor que el de las zurdas, la mano izquierda es la menos sometida a traumas que pudieran influir en su configuración anatómica.

No obstante, el uso exclusivo del lado izquierdo del cuerpo en los atlas hace plantearse si realmente el estado madurativo del lado izquierdo es un reflejo de la estado madurativo del lado derecho en el mismo individuo. Son necesarios más estudios en este campo no solo por cuestión de robustez metodológica sino también por cuestiones prácticas, si disponemos de la radiografía de la mano derecha de un niño previamente realizada por otro motivo, ¿por qué someterle nuevamente a las radiaciones ionizantes para obtener una radiografía del lado izquierdo pudiendo interpretar la del lado derecho?

### ***1.3 Patologías del crecimiento***

#### **1.3.1 Uso de la estimación de la edad ósea en la clínica**

La evaluación de la maduración esquelética o edad ósea (EO) es un procedimiento

utilizado no sólo en el ámbito médico forense tanto en la estimación de la edad en el sujeto vivo como en el cadáver sino en otros muchos campos, desde la Medicina Deportiva, la Ortodoncia y Cirugía Maxilo-Facial, Logopedia, Nutrición, Traumatología Pediátrica, Pediatría y la Endocrinología Pediátrica. Es un procedimiento de rutina en todos los departamentos de radiología pediátricos.

En Medicina Deportiva, saber cuál es el estado de maduración del niño permite adecuar las cargas de entrenamiento hasta intensidades no lesivas con arreglo a su grado de maduración, predecir la talla definitiva y aconsejar sobre los deportes más adecuados a las características antropométricas, personalizar las pautas de tratamiento en jóvenes deportistas con problemas ortopédicos, detectar el talento deportivo valorando las marcas o logros deportivos del niño y valorar el nivel de rendimiento, ya que en numerosos deportes éste está estrechamente ligado a la edad ósea más que a la edad cronológica; así, los niños con un desarrollo precoz pueden rendir más que el resto de sus compañeros, en deportes en los que el peso, talla y fuerza son un factor determinante y contrariamente, la falta de maduración que se aprecia en las gimnastas que conduce a escaso peso y talla, les hace obtener mejores resultados, siendo las más retrasadas en su estado madurativo las que obtienen los mejores resultados(152).

En Ortodoncia y Cirugía Maxilo-facial e incluso en Logopedia, conocer el estado de maduración ósea ayuda a aprovechar al máximo los beneficios del tratamiento quirúrgico, protésico o fonoaudiológico (corregir hábitos posturales, deglutorios, foniatricos y respiratorios) en pacientes con anomalías del desarrollo maxilo-mandibular, síndromes cráneo-faciales y malformaciones dentales.

En el ámbito de la Nutrición, conocer la influencia de la dieta en el crecimiento y desarrollo a través del estudio de medidas antropométricas tales como la talla, peso corporal o el espesor de la grasa subcutánea y de la maduración ósea, es de utilidad tanto en el diagnóstico como en la vigilancia y seguimiento de los problemas nutricionales a nivel poblacional y/o individual.

En el ámbito de la Traumatología Pediátrica, los estudios de maduración ósea son importantes cuando se plantean tratamientos para compensar disimetrías, para corregir

deformidades angulares o en el tratamiento de la escoliosis. El tratamiento en estos casos es complejo debido, entre otros factores a la necesidad de predecir la discrepancia de longitud una vez que haya concluido el proceso de crecimiento y maduración esquelética. En estos casos es necesario tener en cuenta tanto la edad cronológica como la edad ósea del paciente para que cuando finalice el crecimiento y alcance la madurez esquelética, tenga compensadas la longitud o la angulación de sus extremidades (153).

En el ámbito de la Pediatría el estudio de la EO se utiliza en la estimación de la edad en casos de adopción y en la predicción de la talla adulta. De los diversos métodos para el cálculo del pronóstico de talla adulta, los más utilizados son el de Bayley-Pinneau (BP) y el de Tanner-Whitehouse, ambos suficientemente precisos cuando se estudian grupos de niños “normales”, pero pierden precisión en condiciones patológicas. El más empleado por su sencillez es el método de BP y se basa en la correlación entre la talla actual y adulta a distintas edades, o el porcentaje de talla adulta alcanzada a una EC determinada. Para el cálculo se debe conocer la edad cronológica, la EO y la talla actual.

En Endocrinología pediátrica la valoración de la EO es siempre recomendable como parte de la rutina del estudio de niños con patologías del crecimiento (154). En muchas de estas patologías el patrón de maduración esquelética es anormal y las estimaciones de la edad ósea son necesarias para definir las mejor, ayudar al diagnóstico provisional, aumentar la comprensión de los aspectos temporales y topográficos de los cambios esqueléticos asociados, así como para tomar decisiones sobre el tratamiento a aplicar y valorar el efecto del mismo.

### 1.3.2 El crecimiento y su evaluación

El crecimiento es un proceso biológico muy complejo en el cual intervienen e interaccionan distintos factores en su correcto desarrollo:

- Factores endógenos: genéticos (talla diana y patrón de desarrollo y maduración), hormonales, étnicos, metabólicos y receptividad de los tejidos diana.
- Factores exógenos: nutritivos, afectivos, ejercicio (la práctica regular de ejercicio adecuado es beneficioso, no así el de competición o alto rendimiento).

Es un proceso regular y constante determinado genéticamente mediante un mecanismo poligénico donde no todos los genes son activos al nacimiento, sino que algunos no lo son hasta la pubertad y otros son específicos para cada sexo. La expresión de estos genes está modulada por unos factores reguladores u hormonales que, a su vez, se ven influenciados por otros permisivos o ambientales. Todos ellos requieren además que los órganos efectores, principalmente el cartílago de crecimiento, respondan adecuadamente para que el potencial de crecimiento se realice adecuadamente.

El crecimiento longitudinal es un proceso continuo, pero no lineal, distinguiéndose tres fases en la etapa postnatal: 1. Lactancia: caracterizada por un crecimiento rápido durante los dos primeros años de vida. 2. Infancia: caracterizada por una velocidad relativamente constante de alrededor de 5-7 cm por año. 3. Pubertad: caracterizada por un estirón puberal entre 8-12 cm al año, dependiendo del sexo.

Las variaciones del patrón de crecimiento, entre los niños sanos de todo el mundo, están originadas por las diferentes situaciones medioambientales (factores permisivos) en las que se desarrollan, y por las diferencias genéticas (factores determinantes) que existen entre ellos. Por tanto, el crecimiento humano depende, fundamentalmente, de la interacción entre estos factores que se influyen entre sí de forma recíproca y continua, de tal manera que la máxima talla adulta que se puede conseguir está genéticamente determinada, pero la expresión de esta potencialidad depende básicamente del estado de salud y nutrición del individuo. Independientemente del papel específico que desempeña la influencia genética y, por tanto, de los numerosos casos de trastornos del crecimiento que tienen su base fisiopatológica en la variación genética, el grupo más numeroso de niños con crecimiento patológico lo constituyen aquellos que están sometidos a situaciones que violentan grave y/o crónicamente los factores permisivos.

En la evaluación del crecimiento en la clínica se utilizan medidas, valoraciones y cálculos matemáticos específicos:

- Longitud (hasta los dos años de edad) y talla, posteriormente. En el análisis de la evolución del crecimiento se debe tomar en consideración no solo en qué

percentil o SDS de talla se encuentra el paciente ( $\text{SDS de la talla actual} = \frac{\text{talla actual en cm} - \text{media [P50 de talla para edad actual en cm]}}{\text{DE [desviación estándar]}}$ ), sino que es fundamental la evaluación de la velocidad de crecimiento ( $\text{velocidad de crecimiento} = \frac{\text{talla actual} - \text{talla anterior}}{\text{edad actual} - \text{talla anterior}}$ ).

- Talla sentado y envergadura, que permitirán el análisis de los segmentos corporales.
- Peso y cálculo del IMC ( $\text{peso/talla}^2$ ) para la valoración nutricional.
- Evaluación de la maduración ósea, considerando normal o concordante aquella que está en más o menos un año con respecto a la edad cronológica del paciente (112).
- Maduración sexual por medio del uso de los estadios de Tanner.

Siendo fundamental contar con tablas y gráficas de referencia poblacionales actualizadas.

### 1.3.3 Patologías del crecimiento. Concepto y clasificación

#### 1.3.3.1 Hipocrecimiento

La talla baja se define como aquella que se encuentra situada por debajo de 2 desviaciones estándar (-2 DE) para edad y sexo en relación a la media de la población de referencia (aproximadamente el percentil 3/-1,88 DE).

Los hipocrecimientos se clasifican etiopatogénicamente (tabla 1.5), en hipocrecimientos de causa conocida o patológicos (20%) y en hipocrecimientos de causa desconocida o idiopáticos (80%) (talla baja idiopática TBI).

Los hipocrecimientos de causa conocida serían consecuencia de trastornos patológicos que alterarían la capacidad de crecimiento intrínseca de los tejidos (osteochondrodisplasias, alteraciones del metabolismo óseo, retrasos de crecimiento intrauterino, cromosomopatías y síndromes dismórficos), sus mecanismos reguladores (hipocrecimientos de causa endocrinológica) o el ambiente interno (malnutrición y

patología crónica en diferentes órganos y sistemas) y emocional del niño (hipocrecimiento psicosocial). Desde un punto de vista etiopatogénico, diagnóstico y terapéutico, es útil, diferenciar, dentro de los hipocrecimientos el momento de su inicio (pre o postnatal) y si se conservan o no las proporciones corporales normales (armónico o disarmónico).

En los hipocrecimientos de causa desconocida o idiopáticos (talla baja idiopática TBI), la talla de un individuo se encuentra más de 2 SDS por debajo de media para su edad, sexo y grupo de población, sin evidencia de anomalías sistémicas, endocrinas, nutricionales o cromosómicas. La inmensa mayoría de estos niños (80-85%) corresponderían a variantes normales de talla baja (VNTB) y un pequeño porcentaje (15-20 %) a patologías en las que, por desconocimiento o dificultad diagnóstica, no se llega a alcanzar un diagnóstico. Las VNTB son la causa más frecuente de talla baja en la infancia. Se trata de hipocrecimientos armónicos de inicio postnatal que resultarían de la variabilidad normal tanto de la talla como del ritmo madurativo que existe en la especie humana. Dentro de las VNTB se incluyen: la talla baja familiar (TBF), el retraso constitucional del crecimiento y de la pubertad (RCCP) y la frecuente asociación de ambos patrones de crecimiento.

El término de TBF hace referencia a un grupo de individuos con talla baja, por otro lado sanos, que *maduran a un ritmo normal* y cuyos familiares más próximos son de talla baja. Por su parte, los pacientes con RCCP serían sujetos sanos que, como consecuencia de un *ritmo de maduración más lento* que la media de la población (alrededor del 60 % tienen antecedentes familiares de maduración tardía), presentan durante la infancia una talla baja, inadecuada para su contexto familiar, retraso de la maduración ósea (2-3 años), inician la pubertad tardíamente y alcanzan la talla adulta normal pero a una edad superior a la media de la población.

La evaluación inicial de todo paciente que consulta por hipocrecimiento incluye, una historia clínica exhaustiva y un examen clínico completo, una valoración auxológica básica, la determinación de la maduración ósea (edad ósea) y, si es posible, el análisis del patrón de crecimiento a partir de los datos aportados por los padres o acumulados en la historia del niño.

La talla baja no es una enfermedad, sino un signo. Por ello: en muchos casos, el tratamiento, salvo una adecuada información al niño y a sus padres, no será necesario; en otros, consistirá únicamente en el tratamiento de la enfermedad responsable; y, por último, en un pequeño número de pacientes, puede ser necesaria la utilización de tratamientos específicos para estimular o mejorar el crecimiento. En la práctica, se dispone de un número limitado de terapias capaces de influir beneficiosamente sobre el crecimiento, como son: la GH y el IGF-1 recombinantes, el tratamiento con fármacos moduladores de la pubertad (todavía en fase experimental) y el alargamiento óseo.



### **HIPOCRECIMIENTOS DE ETIOLOGÍA DESCONOCIDA (Talla Baja Idiopática TBI)**

#### **Variantes normales de talla baja (VNTB)**

- Talla baja familiar (TBF)
- Retraso constitucional del crecimiento y la pubertad (RCCP)
- Asociación de TBF y RCCP

#### **Otras causas no aclaradas**

#### **HIPOCRECIMIENTOS PATOLÓGICOS DISARMÓNICOS**

- Congénitos (osteocondrodisplasias)
- Adquiridos (radioterapia espinal, anomalías esqueléticas aisladas...)

#### **HIPOCRECIMIENTOS PATOLÓGICOS ARMÓNICOS**

De inicio prenatal (retrasos de crecimiento intrauterinos)

- Debidos a factores fetales
  - Defectos cromosómicos (Turner, Down, Prader-Willi...)
  - Síndromes (Silver-Russell, Cornelia de Lange, Noonan...)
  - Alteración de mecanismos reguladores (insulina, IGFs...)
- Debidos a factores uterinos y placentarios
  - Malformaciones uterinas o del cordón
  - Implantación placentaria anómala
- Debidos a factores maternos
  - Malnutrición
  - Tóxicos (drogas, alcohol, tabaco)
  - Patología cardíaca y vascular
  - Infecciones (TORCH)

De inicio postnatal

- Malnutrición: déficit de macronutrientes y/o micronutrientes (Fe, Zn, vit D)
- Infecciones/infestaciones crónicas y/o recurrentes
  - Infestación por *Giardia lamblia*
  - Inmunodeficiencias (SIDA)
- Enfermedades crónicas
  - Gastrointestinales (celiaquía, EII, FQ...)
  - Hepáticas (fracaso hepático)
  - Renales (glomerulares, intersticiales, tubulares)
  - Cardíacas (especialmente las cianósicas)
  - Pulmonares (FQ, asma severo)
  - Metabólicas (DM mal controlada, EIM...)
  - Hematológicas
  - Neoplásicas
  - Sistema nervioso central (PCI, mielomeningocele...)
  - Reumatológicas (artritis crónica juvenil)
  - Enfermedades endocrinológicas
    - Déficit o insensibilidad a la GH/IGF-1
    - Hipotiroidismo
    - Hiper cortisolismo
    - Pubertad y pseudopubertad precoces
    - Pseudohipoparatiroidismo
    - Raquitismo hipofosfatémico
    - Diabetes insípida no tratada
- Deprivación psicosocial
- Idiopática

\*EII: enfermedad inflamatoria intestinal; FQ: fibrosis quística; DM: diabetes mellitus; EIM: errores innatos del metabolismo; PCI: parálisis cerebral infantil; GH: hormona de crecimiento; IGF: factor de crecimiento semejante a la insulina.

Tabla 1.5 Clasificación etiopatogénica de los hipocrecimientos

*Origen:* M.T. Muñoz Calvo, J. Pozo Román. Mesa redonda Miscelánea Talla baja. ADOLESCERE Revista de Formación Continuada de la Sociedad Española de Medicina de la Adolescencia Volumen II Mayo 2014 N° 2.

### 1.3.3.2 Hipercrecimiento

Los síndromes con hipercrecimiento, cursan con talla alta, definida por una altura en bipedestación mayor de 2 desviaciones estándar (DE) para la media de la misma población y sexo o velocidad de crecimiento excesiva, prenatal o postnatalmente.

Son cuadros clínicos complejos con etiopatogenia variada (tabla 1.6). Los estudios moleculares están proponiendo explicaciones, al menos parciales, a diferentes entidades sindrómicas cuya causa era ignorada. Para orientar el diagnóstico además de una exploración que incluya una somatometría y la valoración del estadio puberal, valoraremos estado nutricional, panículo adiposo, rasgos dismórficos, proporciones corporales y simetría, hirsutismo, pigmentación, manchas cutáneas y mucosas... se realiza una analítica que estará condicionada a los hallazgos clínicos, que constituyen el núcleo principal del diagnóstico. En todos los casos será de utilidad la determinación de la maduración ósea, que estará acelerada en todos los hipercrecimientos de causa hormonal salvo en los cuadros que cursan con déficit o insensibilidad a esteroides gonadales.

## **HIPERCRECIMIENTO POSTNATAL**

### **A. Variantes normales**

- Talla alta familiar (genética)
- Maduración rápida familiar (genética)

### **B. Nutricional**

- Obesidad

### **C. Hormonal**

#### 1. Exceso de hormona de crecimiento (GH):

- Gigantismo hipofisario:
  - Adenoma hipofisario
  - Síndrome de McCune-Albright
  - Adenomatosis endocrina múltiple (MEN-1)
- Adenomas ectópicos (cavidad nasalesfenoidea)
- Exceso de GHRH:
  - Gangliocitomas intracraneales
  - Tumores extracraneales (carcinoide, pancreático, adenomas bronquiales, etc.)

#### 2. Acromegaloidismo

#### 3. Receptores de factores de crecimiento:

- Trisomía del IGF1R
- Alteración del FGFR3

#### 4. Hipertiroidismo

#### 5. Hiperinsulinismo:

- Neonatos y lactantes
- Lipodistrofia

#### 6. Exceso prepuberal de hormonas sexuales:

- Pubertad precoz isosexual
- Andrógenos o estrógenos suprarrenales
- Andrógenos o estrógenos gonadales

#### 7. Deficiencia o insensibilidad de hormonas sexuales:

- Eunucoidismo:
  - Varón: deficiencia testicular hipogonadotrópica
  - Mujer: hipogonadotrópica
- Resistencia estrogénica y deficiencia de aromatasa
- Resistencia androgénica
- Disgenesia gonadal XY (síndrome de Swayer)
- Deficiencia de 17-hidroxilasa XY

#### 8. Deficiencia glucocorticoidea familiar (mutación en el gen del receptor de ACTH)

### **D. Genético:**

1. Cromosopatías: Trisomía X (mujeres 47,XXX), Klinefelter XXY, XXYY, Varones XYY. Síndrome de cromosoma X frágil, Deleción 22q13.3.
2. Síndromes y otros: Síndrome de Marfan, Síndrome de Beals (CCA), Fibrilopatías, Homocistinuria, Síndrome de Beckwith-Wiedeman, Hipercrecimiento somático (metilación H19), Síndrome de Sotos, Síndrome de Simpson-Golabi-Behmel, Síndrome PTEN (hamartoma), Síndrome de Partington, Síndrome de Nevo, Síndrome de Weaver, Neurofibromatosis Tipo I, Síndrome de Elejalde.

## **HIPERCRECIMIENTO PRENATAL**

Hijo de madre diabética, Lactante gigante, Síndrome de Beckwith-Wiedemann, Síndrome de Simpson-Golabi-Behmel, Lipodistrofia, Síndrome de Sotos, Síndrome de Weaver, Síndrome de Nevo, Síndrome de Marshall-Smith, Síndrome de Perlman, Síndrome de Elejalde

Tabla 1.3.2 Clasificación etiopatogénica de los hipercrecimientos Origen:  
[http://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/08\\_hipercrecimientos.pdf](http://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/08_hipercrecimientos.pdf) (protocolos aeped 2011).

### 1.3.4 Variaciones normales de la maduración esquelética

El tejido esquelético crece durante toda la infancia y adolescencia hasta alcanzar la talla adulta, pero existe una variación de la velocidad de crecimiento de acuerdo al periodo de desarrollo, encontrándose tres picos de aceleración del crecimiento: el primero ocurre aproximadamente desde el nacimiento hasta los tres años de edad; el segundo es observado entre los 6 y 7 años en niñas y de 7 a 9 años en niños y el tercero o circumpuberal, ocurre cercano a la pubertad aproximadamente de 10 a 12 años en las mujeres y de 12 a 14 años en varones. Este último pico es el periodo de máxima aceleración de crecimiento óseo, y se relaciona con la aparición de los caracteres sexuales secundarios. Entre esos períodos, se encuentran etapas de desaceleración, en las cuales se produce un crecimiento lento. La maduración ósea está en estrecha relación con el crecimiento lineal.

La velocidad o el ritmo de maduración, corresponde a la ganancia o incremento madurativo que experimenta un niño en un espacio de tiempo determinado. El ritmo de maduración ósea es difícil de determinar. Sin embargo, puede decirse que en situaciones normales, es paralelo a la velocidad de crecimiento lineal, pues uno es consecuencia del otro, de ahí el interés de analizar la edad ósea al valorar el crecimiento. El trazado de las curvas de velocidad de maduración ósea tiene un valor diagnóstico, todo enlentecimiento excesivo, merecerá especial atención (113).

El proceso de maduración ósea no transcurre a la misma velocidad en todos los niños, existiendo maduradores normales, tempranos o tardíos.

La maduración es normal, promedio o concordante, cuando la edad ósea (EO) está situada en  $\pm 1$  año con respecto a la edad cronológica (EC) (112), tardía cuando presentan una EO retrasada en más de un año con respecto a la EC y temprana cuando presentan una EO adelantada en más de un año con respecto a la EC. Una edad ósea retrasada o adelantada en más de un año con respecto a la edad cronológica, está expresando una velocidad de maduración ósea lenta o rápida.

Antes de los tres años, los límites de maduración normal son más estrechos. De los

cuatro años en adelante, la edad ósea normal puede ser igual a la edad cronológica con una variación normal de  $\pm 2$  años, es decir, los niños normales de ocho años pueden ser de una edad ósea de seis, otros de siete, ocho, nueve o diez años. Un 3% de los niños tienen una edad ósea fuera de estos límites, y pueden ser normales(114).

Se considera dentro de la normalidad, una edad ósea comprendida entre 1,5 años en exceso o defecto de la edad cronológica(115). Si un niño presenta un retraso/adelanto de la maduración ósea mayor de dos años en relación a su edad cronológica se debe sospechar de una patología del crecimiento.

La estimación de la edad ósea **es necesaria** en el diagnóstico de la talla baja idiopática (TBF y RCCP), en la interpretación de los niveles hormonales durante la pubertad, en el diagnóstico de la pubertad precoz y el hiperandrogenismo y para decidir o no el tratamiento en las situaciones anteriores así como para predecir la talla adulta en el niño normal, **es útil** para evaluar a niños con retraso del crecimiento o con alteraciones de la pubertad, para decidir cuándo empezar el tratamiento en el hipogonadismo y para monitorizar a los niños en tratamiento con hormona del crecimiento y **se desaconseja** en la evaluación de niños con patologías óseas, para predecir la talla adulta en niños con patologías, como marcador absoluto del diagnóstico o cuando en el seguimiento del paciente o en la comparación de grupos de pacientes, diferentes evaluadores o métodos son utilizados (116).

En la clínica, la predicción de talla no se hace habitualmente para grupos de niños sanos sin afectación del crecimiento, sino que, habitualmente, interesa conocer la predicción de la talla final, en aquellos niños que no siguen un patrón de crecimiento normal, y/o para valorar la mayor o menor eficacia sobre el crecimiento, de un determinado tratamiento. Se ha realizado estudios sobre la aplicación de los métodos de predicción habituales, en niños con patologías (117).

Se ha intentado adaptar los métodos de predicción ya existentes mediante factores de corrección para cada patología y se han propuesto métodos específicos para determinadas patologías, es el caso del Síndrome de Turner, Talla Alta Constitucional, Pubertad Precoz, Retraso de Crecimiento y Pubertad. En otros síndromes como las

displasias óseas o el síndrome de Down parece que lo más adecuado es emplear la talla proyectada. En éstos, al igual que ocurre en el síndrome de Turner, y especialmente en las displasias óseas, la maduración ósea es de muy dudoso valor, por lo que lo más lógico sería utilizar los métodos que prescinden de ésta y que además empleen valores de crecimiento específicos para cada uno de los procesos. Se han publicado gráficas de crecimiento para: S. Down (118), Acondroplasia, Pseudoacondroplasia, Displasia diastrófica, Displasia espondiloepifisaria congénita, Hipocondroplasia, En resumen, el método de predicción de elección, debe ser aquel que esté desarrollado a partir de un grupo de niños que crecieron de una manera lo más similar posible al individuo en estudio (119).

#### 1.3.5 Patrón de maduración en las patologías del crecimiento.

La evaluación radiológica del paciente con patología del crecimiento incluye una radiografía de la mano y muñeca izquierda (PA) para determinar la edad ósea (120), ya que su evaluación contribuye de forma importante al estudio del diagnóstico y al manejo de los niños con patologías del crecimiento. Si bien en los casos de hipocrecimiento armónico suele ser suficiente, en las displasias y asimetrías se realizan además otras radiografías entre ellas de miembros superiores (AP).

En la práctica clínica la estimación de la edad ósea se utiliza principalmente en el estudio de niños con talla baja, talla alta, pubertad temprana o tardía e hiperplasia suprarrenal congénita (121).

La edad ósea está frecuentemente retrasada en los pacientes con **talla baja idiopática**, con una media de aproximadamente 1,5-2 años (rango de 0-4 años) a los 8-11 años de edad (102). En el retardo constitucional del crecimiento y de la pubertad (RCCP) se ha elegido arbitrariamente un retardo de la EO mayor a dos años como criterio de inclusión del RCCP para diferenciarlo de los niños sanos bajos (122, 123), ya que en la talla baja familiar no hay retraso de la maduración ósea (116) si bien habrá que tener en cuenta los casos en que ambos cuadros están asociados en cuyo caso si habrá retraso.

La EO está retrasada en la deficiencia de hormona de crecimiento (GH)(124), el

hipotiroidismo(125), la desnutrición(126) y la enfermedad crónica.

En los pacientes con **talla baja y antecedentes de crecimiento intrauterino retardado** (CIR), la EO está generalmente retrasada hasta los 8 años y, durante la etapa prepuberal, posiblemente durante la adrenarquia, tiene lugar una aceleración rápida de la misma paralelamente a un estirón puberal algo prematuro y de magnitud reducida.

Los pacientes en **tratamiento con GH** sufren una aceleración de la EO durante la etapa prepuberal y mayor durante la pubertad, no obstante, la EO suele permanecer retrasada en la mayoría de los niños.

En las pacientes con **síndrome de Turner**, la edad ósea suele estar discretamente retrasada en la primera valoración tras el nacimiento y se mantiene así hasta aproximadamente los 10 años. En este momento, comienza un incremento progresivo del retraso madurativo, debido a la ausencia, parcial o total, de actividad estrogénica.

En los pacientes con **insuficiencia renal crónica**, la edad ósea y el inicio puberal suelen estar retrasados, con un periodo de crecimiento puberal y, concretamente de estirón puberal, disminuidos. Aunque la EO está retrasada antes de la pubertad, se acelera dramáticamente durante la misma, con la consiguiente pérdida de talla progresiva. Así, en estos casos, la predicción de talla adulta puede conducirnos a error, sobreestimando el potencial de crecimiento. No obstante, se ha demostrado que el uso de la hormona del crecimiento durante la pubertad en estos casos, se acompaña de un incremento en la talla final (127).

Durante la pubertad hay una correlación entre la edad ósea y los eventos puberales, una aceleración de la maduración ósea se asocia con una fase rápida de crecimiento, estos hechos deberían reconocerse como normales. En la **pubertad precoz** cuando se diagnostica en sus fases iniciales, la EO puede estar sólo mínimamente acelerada y debe realizarse un seguimiento estrecho para asegurar un ritmo de maduración adecuado. En el retraso puberal la edad ósea ayuda a diferenciar el hipogonadismo funcional del permanente (128).

Las **displasias esqueléticas** constituyen un grupo heterogéneos de entidades caracterizadas por alteración del crecimiento óseo y la determinación de la valoración de la EO es sólo posible en algunas entidades concretas, por lo que las estimaciones de potencial de talla no debe de realizarse de forma sistemática.

Menius, J.A, Largent, M.D y Vincent, Ch.J, estudiaron en un grupo de 48 niños (26 varones y 22 mujeres) con **paladar hendido**, la edad ósea y la edad dental y comprobaron se desviaban de la normalidad. A pesar de lo limitado del tamaño muestral, evidenciaron una tendencia a que un desproporcionado número de sujetos con paladar hendido, sobre todo en varones, presentaran una edad ósea retrasada respecto a los estándares normales indicando que eran necesarios nuevos estudios para confirmarlo (129).

Galvao de Aguiar, A.C et al (2006)(130), estudiaron una muestra de 30 niños, 15 varones y 15 mujeres de edades comprendidas entre los 2 a los 18 años, diagnosticados de **anemia de Fanconi**, con el propósito de comparar la edad cronológica con la edad ósea y la edad dental, para determinar si la terapia recibida influía sobre las edades ósea o dental. El análisis estadístico demostró una media de edad cronológica de 8.91 años, ósea de 7.90 años y dental de 7.75 años; es decir, valores medios más bajos en las edades óseas y dental en comparación con la cronológica ( $p<0.001$ ) y que ese retraso no se debía al tratamiento recibido.

Sabharwal et al (2013)(131) estudiaron la relación entre la edad ósea y la cronológica en un grupo de 33 pacientes con la **enfermedad de Blount**, comparándolos con un grupo control de 33 niños, observando que el grupo con patología presentaba una edad ósea avanzada 16 meses frente a los 5 meses del grupo control y que esa diferencia decrecía con la edad.

Staal, H.M, et. al (2015) estudian la maduración ósea en 50 niños de edades entre 3 a 17 años, con múltiples **ostecondromas** comprobando en el grupo de edad de 3 a 12 años un retraso significativo de la edad ósea respecto a la cronológica ( $p=0.030$ ) y en el grupo de 12 a 17 años un adelanto significativo ( $p=0.019$ ), especialmente en varones (132).



La maduración ósea en el **síndrome de Down**, también ha sido objeto de numerosos estudios como los de Roche (133) y Pozsonyi J (134) entre otros. En todas las edades hasta la edad adulta, la edad ósea está retrasada respecto a la edad cronológica siendo más marcado en los varones con los datos de Pozsonyi pero no con los de Roche. Son necesarios más estudios en este campo.

Entre las causas más comunes de maduración ósea marcadamente acelerada se encuentra la exposición prolongada a niveles elevados de estradiol, testosterona o andrógenos suprarrenales, como en la pubertad precoz (PP), la hiperplasia suprarrenal, el hipertiroidismo persistente y, en menor medida, en la telarquia prematura (106), también en los síndromes de sobre-crecimiento genéticos como el síndrome de Sotos, síndrome de Beckwith-Wiedemann y síndrome de Marshall-Smith. La EO se encuentra ligeramente avanzada en la adrenarquia precoz, en niños con talla alta, sobrepeso y varias displasias óseas.

Bueno-Lozano et al. (1996) estudiaron la maduración ósea en **niños obesos** aragoneses (36 niños y 50 niñas) para analizar la relación entre altura y maduración ósea, los pacientes mostraron un adelanto de la maduración ósea según las 3 variantes del método TW-2, siendo la variante radio, cúbito, huesos cortos la más discriminativa. Comprobaron un aumento de altura en relación con el adelanto de la edad ósea ( $p < 0.001$ ) (135).

Pludowski, P. et al (136) estudiaron un grupo de 54 casos (16 mujeres y 38 varones) de niños entre 4 y 16 años recientemente diagnosticados de **hipertensión arterial**, todavía no tratados y un grupo control de 54 niños sanos, encontrando como característica fenotípica de niños y adolescentes con hipertensión arterial, un adelanto de la maduración independientemente del desarrollo sexual, por lo que implementar el estudio madurativo en estos niños puede ser crucial en el estudio de la etiopatogenia de la hipertensión durante el periodo de crecimiento.

# HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

## 2.1 *Hipótesis*

1. La población con patología del crecimiento presenta un patrón de maduración ósea que difiere del que presenta la población sin patología del crecimiento.
2. El grado de concordancia entre la edad cronológica y la edad ósea difiere según el método de estimación utilizado.

## 2.2 *Objetivos*

Se persiguieron dos objetivos:

Analizar el patrón de maduración ósea en niños con patologías del crecimiento, a través del estudio del ritmo madurativo (acorde, acelerado, retrasado), de la simetría madurativa del carpo y epífisis y de la simetría bilateral (mano izquierda/mano derecha), con el objetivo de deducir sus variaciones específicas y así poder contar con datos o estándares de maduración de dichas poblaciones.

Analizar el grado de concordancia entre la edad cronológica y la edad ósea estimada con dos métodos diferentes, un método inspeccional (Greulich-Pyle) y un método métrico (Ebri) con sus tres variantes.

Para ello se realizó un estudio de observación transversal, de corte o prevalencia, retrospectivo.

## 2.3 *Justificación*

La llegada de inmigrantes de países extracomunitarios al territorio de la Unión Europea, conlleva la presencia en estos países de numerosos menores extranjeros no

acompañados por adultos (MENAS), debiendo las autoridades adoptar las medidas legales correspondientes. En aquellos casos en los que no existe un documento que acredite fehacientemente su edad cronológica, es una práctica generalizada solicitar un examen médico para estimar dicha edad y poder adoptar decisiones fundadas sobre la custodia de dichos menores.

Pero los resultados de estimación de la edad cronológica obtenidos por análisis de parámetros de edad biológica nunca son exactos, sino meras estimaciones probabilísticas de edad cronológica, ya que la edad biológica está influida por diversos factores. En el mejor de los casos, esta aproximación probabilística puede ser medida y cuando se dispone de estudios de población de referencia aceptables, puede conocerse la probabilidad de acierto o de error de la estimación, pero nunca se puede dar una estimación de la edad como un resultado con certeza absoluta. Los métodos de estimación de edad disponibles se aplican habitualmente a población “sana”, disponiendo de los estándares correspondientes.

¿Pero, qué ocurriría si en el examen físico y/o radiológico del presunto menor se objetiva una patología que afecta al crecimiento?. Se sabe que dichas patologías, producen variaciones específicas en parámetros de maduración ósea, por ello sería recomendable realizar estudios en población con patologías que afectan al crecimiento, que nos permitieran deducir esas variaciones específicas y así poder contar con datos o estándares de maduración de dichas poblaciones, ajustando la probabilidad de acierto o de error en la estimación, debido a las importantes consecuencias derivadas de la misma, el beneficio o no de la condición de menor.

Existen numerosos métodos de estimación forense de la edad en sujeto vivo. Entre los métodos basados en la maduración ósea, los más empleados son los que estudian radiográficamente la muñeca y mano, y en concreto los métodos de atlas, de los que el Atlas de Greulich y Pyle (GP) es la principal referencia internacional, y los métodos numéricos, de los que las tres ediciones del método de Tanner-Whitehouse son la principal referencia.

Numerosos estudios tratan de verificar el grado de concordancia que muestran entre sí

los métodos más usados en la medición de la edad ósea (Greulich y Pyle frente a Tanner-Whitehouse) y determinar el grado de concordancia de la edad ósea determinada mediante dichos métodos con la edad cronológica en los niños según la población de origen pero es difícil sacar conclusiones de sus datos porque hay resultados contradictorios debidos a diferentes diseños de estudio, diferente experiencia de los evaluadores y diferentes mediciones de la variabilidad inter-ensayo.

Teniendo en cuenta los avances tecnológicos actuales (radiografías digitales en formato DICOM®), ¿por qué no comparar un método inspeccional, subjetivo, universal con un método métrico, objetivo, nacional como el de Ebrí, y poder evaluar así los componentes de maduración y crecimiento del hueso?.

Otro punto de interés se centra en el hecho de que la simetría ha sido apoyada por numerosos estudios; sin embargo, se sigue usando la mano izquierda por razones de estandarización. Greulich y Pyle justificaron el uso de la mano izquierda para determinar la maduración ósea, basándose en las directrices establecidas por el Convenio Internacional para la Unificación de mediciones antropométricas que se harán en el sujeto vivo, en las Conferencias de antropólogos físicos que se llevaron a cabo en Mónaco 1906 y en Ginebra 1912 (137). Estas directrices declararon, dentro de una lista de principios generales sobre mediciones antropométricas, que para mediciones pareadas, el lado izquierdo es el recomendado. También argumentaron, que sabiendo que en muchas poblaciones el número de personas diestras es mayor que el de las zurdas, la mano izquierda es la menos sometida a traumas que pudieran influir en su configuración anatómica.

No obstante, el uso exclusivo del lado izquierdo del cuerpo en los atlas hace plantearse si realmente el estado madurativo del lado izquierdo es un reflejo de la estado madurativo del lado derecho en el mismo individuo. Son necesarios más estudios en este campo no solo por cuestión de robustez metodológica sino también por cuestiones prácticas, si disponemos de la radiografía de la mano derecha de un niño previamente realizada por otro motivo, ¿por qué someterle nuevamente a las radiaciones ionizantes para obtener una radiografía del lado izquierdo pudiendo interpretar la del lado derecho?.

# MATERIAL Y MÉTODOS

## 3.1 Material

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Análisis de los registros radiográficos.

### 3.2.2 Cálculo de la edad ósea por el método de Ebrí

### 3.2.3 Variables analizadas

### 3.2.4 Método estadístico

### 3.1 *Material*

Para la realización del trabajo de investigación se recabaron radiografías del Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario Infantil Niño Jesús de Madrid, centro de referencia nacional de numerosas patologías pediátricas. Las fuentes de esas pruebas procedían del Servicio de Endocrinología y Crecimiento y de la Unidad de Pediatría Social.

Previamente se solicitó autorización a la Dirección Médica del Hospital para acceder a las historias radiológicas, se contó con el visto bueno del Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) del Hospital (proyecto con código interno: R-0052/13) y del Servicio de Radiodiagnóstico que aceptó el proyecto, con el compromiso de respetar las normas, utilizar los datos exclusivamente para realizar la tesis y anonimizar las radiografías según la Ley de Protección de datos.

Como criterio de búsqueda en la base de datos, teniendo en cuenta que por criterios de protección radiológica actualmente se limita mucho la zona anatómica a radiografiar, se utilizaron algunos de los códigos que la SERAM (Sociedad Española de Radiología Médica) tiene tipificados para muñeca y mano, que son los que se utilizan en el servicio. Así se seleccionó una muestra de radiografías digitales (en formato DICOM) con código SERAM 70437 (Serie ósea completa) (imagen 3.1 ambas manos) (imágenes 3.2 y 3.3 ambos miembros superiores) y con código SERAM 70415 (Edad ósea mayores de dos años) (imagen 3.4). Se accedió a la base de datos radiológica con los códigos indicados, la primera radiografía se tomó al azar y después se tomaron las sucesivas de la base de datos.

Se anonimizaron las placas recogiendo únicamente como datos de identificación las fechas de nacimiento y realización de la prueba, sexo, número de historia clínica, código SERAM y extremidad derecha o izquierda y se guardaron para su posterior estudio. Para conocer la patología de base, se revisó el motivo de consulta o de solicitud de la placa o bien la historia clínica.



Imagen 3.1. Código SERAM 70437 (Serie ósea completa). Ambas manos (PA).



Imagen 3.2 Código SERAM 70437 (Serie ósea completa). Extremidad superior derecha (AP).



Imagen 3.3 Código SERAM 70437 (Serie ósea completa). Extremidad superior izquierda (AP).



Imagen 3.4 Código SERAM 70437 (Edad ósea mayores de dos años). Mano izquierda (PA).



Se midieron un total de 734 radiografías, 488 radiografías de muñeca y mano izquierda y 244 radiografías de muñeca y mano derecha. Cuando se dispuso de varias radiografías de un mismo niño realizadas en años sucesivos, para poder mantener la independencia de las observaciones y evitar influencia de tratamiento, se tomó como radiografía caso la primera realizada que constaba en la historia radiológica y se rechazaron las demás. Finalmente se utilizaron para su estudio un total de 327 niños, 173 de ellos tenían solo radiografía de muñeca y mano izquierda y 154 de ellos tenían radiografías de ambas manos, así se distribuyeron en dos muestras, al plantearse en cada una de ellas, distintas hipótesis de trabajo, rechazándose las que presentaban defecto técnico y los casos repetidos.

#### 1. Muestra 1: radiografías de mano y muñeca izquierda.

Se dispuso de una muestra de 173 radiografías de muñeca y mano izquierda de sujetos de ambos sexos: 81 mujeres (46.8%), 92 varones (53.2%), de edades comprendidas entre los 4 años y los 19 años, agrupados en tramos de edad de 4 a 9 años (54.3%), 10 a 14 años (37.6%) y 15 a 19 años (8.1%), diagnosticados de patologías que afectan al crecimiento incluyendo 4 casos de hipercrecimiento (2.3%), 20 casos cuya patología no consta (11.6%), 30 casos de hipocrecimiento disarmónico (17.3%: 6.5% ♀, 10.4% ♂) y 119 casos de hipocrecimiento armónico (68.8%: 33.5% ♀, 35.3% ♂).

#### 2. Muestra 2: radiografías de ambas manos.

Se dispuso de una muestra de 308 radiografías, 154 de muñeca y mano izquierda y 154 de muñeca y mano derecha, de 154 sujetos de ambos sexos: 73 mujeres (47%) y 81 varones (52.6%), de edades comprendidas entre los 4 años y los 19 años agrupados en tramos de edad de 4 a 9 años (48.1%), 10 a 14 años (41.6%) y 15 a 19 años (10.4%), diagnosticados de patologías que afectan al crecimiento incluyendo 3 casos de hipercrecimiento (1.9%), 18 casos de patología desconocida (11.7%), 26 casos de hipocrecimiento disarmónico (16.9%) y 107 casos de hipocrecimiento armónico (69.5%).

Sexo	Grupos de Edad	Recuento		Patología				Total
				Hipocrecimiento disarmónico	Hipocrecimiento armónico	Hipercrecimiento	No consta	
Mujer	Grupos de edad	4 a 9,99	Recuento	7	31	1	6	45
			% del total	8,6%	38,3%	1,2%	7,4%	55,6%
		10 a 14,99	Recuento	5	21	1	3	30
			% del total	6,2%	25,9%	1,2%	3,7%	37,0%
		15 a 19,99	Recuento	0	6	0	0	6
			% del total	0,0%	7,4%	0,0%	0,0%	7,4%
	Total		Recuento	12	58	2	9	81
			% del total	14,8%	71,6%	2,5%	11,1%	100,0%
Varón	Grupos de edad	4 a 9,99	Recuento	11	31	0	7	49
			% del total	12,0%	33,7%	0,0%	7,6%	53,3%
		10 a 14,99	Recuento	6	26	1	2	35
			% del total	6,5%	28,3%	1,1%	2,2%	38,0%
		15 a 19,99	Recuento	1	4	1	2	8
			% del total	1,1%	4,3%	1,1%	2,2%	8,7%
	Total		Recuento	18	61	2	11	92
			% del total	19,6%	66,3%	2,2%	12,0%	100,0%
Total	Grupos de edad	4 a 9,99	Recuento	18	62	1	13	94
			% del total	10,4%	35,8%	0,6%	7,5%	54,3%
		10 a 14,99	Recuento	11	47	2	5	65
			% del total	6,4%	27,2%	1,2%	2,9%	37,6%
		15 a 19,99	Recuento	1	10	1	2	14
			% del total	0,6%	5,8%	0,6%	1,2%	8,1%
	Total		Recuento	30	119	4	20	173
			% del total	17,3%	68,8%	2,3%	11,6%	100,0%

Tabla 3.1. Distribución de la muestra por sexo, patología y grupos de edad. Muestra 1

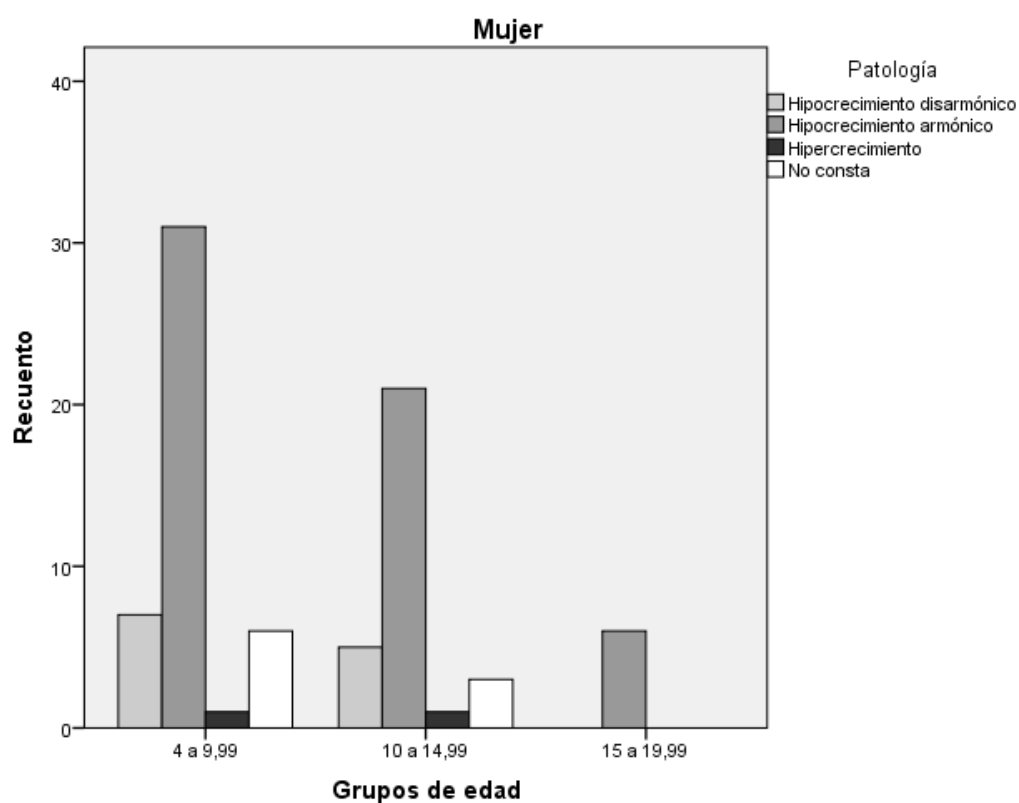


Gráfico 3.1.A Gráfico de barras agrupadas de distribución de la muestra por sexo mujer, patología y grupos de edad. Muestra 1

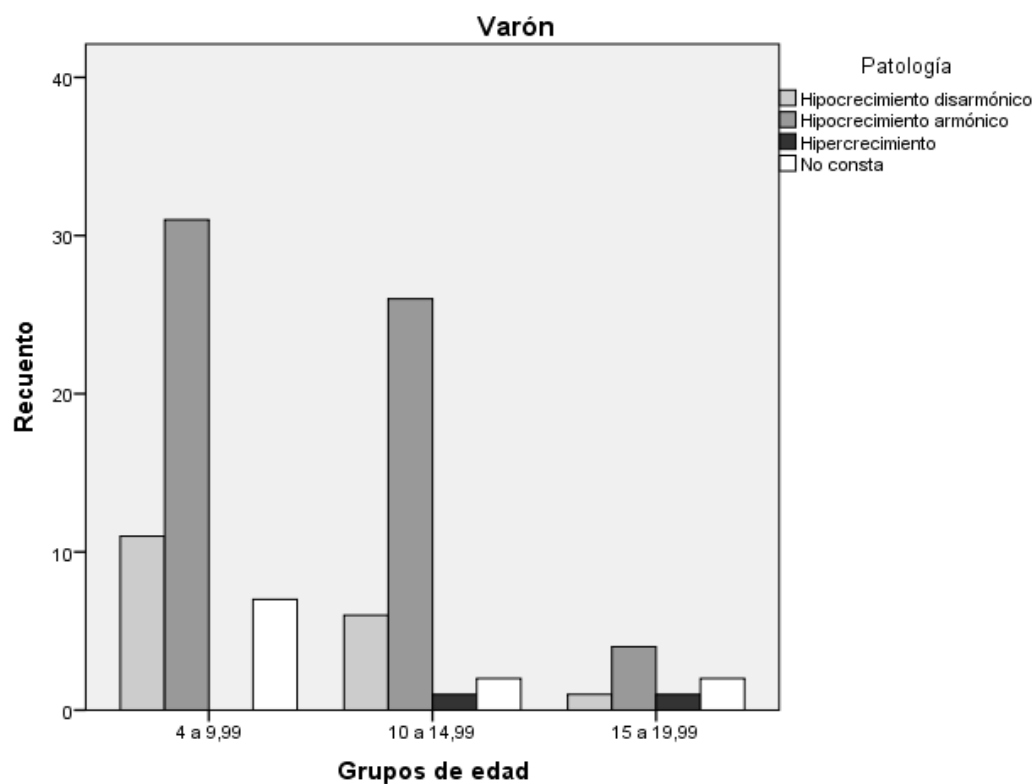


Gráfico 3.1.B Gráfico de barras agrupadas de distribución de la muestra por sexo varón, patología y grupos de edad. Muestra 1

Sexo Grupos de Edad			Recuento		Patología				
					Hipocrecimiento disarmónico	Hipocrecimiento armónico	Hipercrecimiento	No consta	Total
Mujer	Grupos de edad	4 a 9,99	Recuento	5	24	1	5	35	
		% del total	6,8%	32,9%	1,4%	6,8%	47,9%		
		10 a 14,99	Recuento	6	21	0	3	30	
		% del total	8,2%	28,8%	0,0%	4,1%	41,1%		
		15 a 19,99	Recuento	0	7	1	0	8	
		% del total	0,0%	9,6%	1,4%	0,0%	11,0%		
Total		Recuento	11	52	2	8	73		
		% del total	15,1%	71,2%	2,7%	11,0%	100,0%		
Varón	Grupos de edad	4 a 9,99	Recuento	8	25	0	6	39	
		% del total	9,9%	30,9%	0,0%	7,4%	48,1%		
		10 a 14,99	Recuento	7	24	0	3	34	
		% del total	8,6%	29,6%	0,0%	3,7%	42,0%		
		15 a 19,99	Recuento	0	6	1	1	8	
		% del total	0,0%	7,4%	1,2%	1,2%	9,9%		
Total		Recuento	15	55	1	10	81		
		% del total	18,5%	67,9%	1,2%	12,3%	100,0%		
Total	Grupos de edad	4 a 9,99	Recuento	13	49	1	11	74	
		% del total	8,4%	31,8%	0,6%	7,1%	48,1%		
		10 a 14,99	Recuento	13	45	0	6	64	
		% del total	8,4%	29,2%	0,0%	3,9%	41,6%		
		15 a 19,99	Recuento	0	13	2	1	16	
		% del total	0,0%	8,4%	1,3%	0,6%	10,4%		
Total		Recuento	26	107	3	18	154		
		% del total	16,9%	69,5%	1,9%	11,7%	100,0%		

Tabla 3.2. Distribución de la muestra por sexo, patología y grupos de edad. Muestra 2.

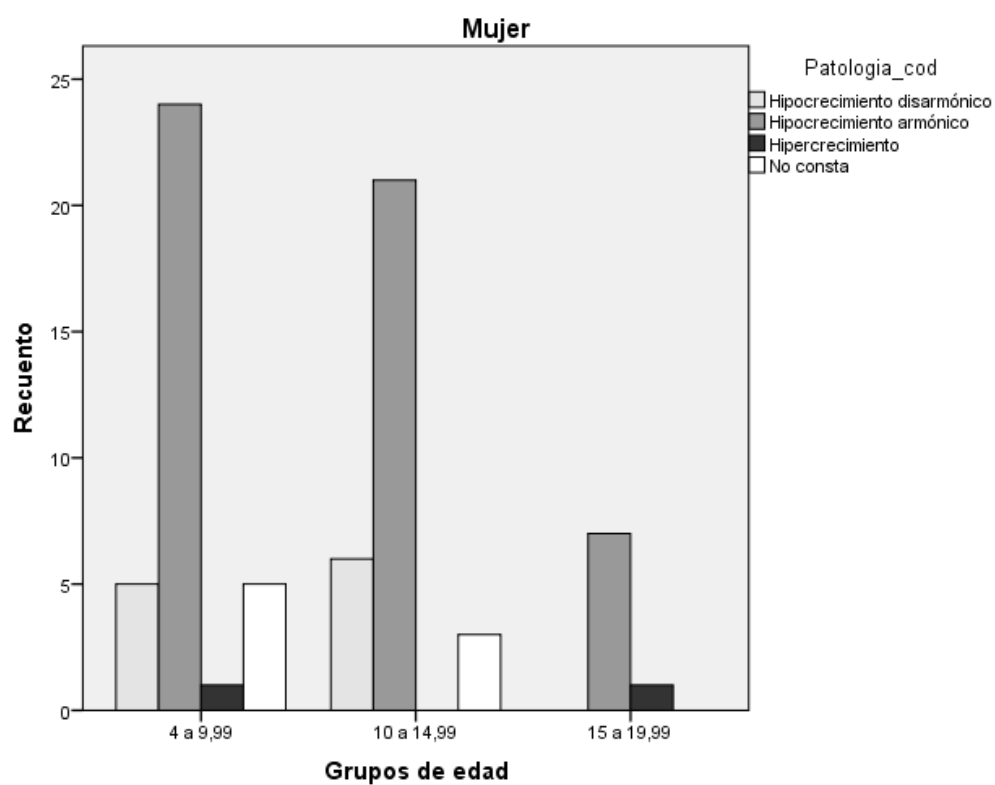


Gráfico 3.2A. Gráfico de barras agrupadas de distribución de la muestra por sexo mujer, patología y grupos de edad. Muestra 2

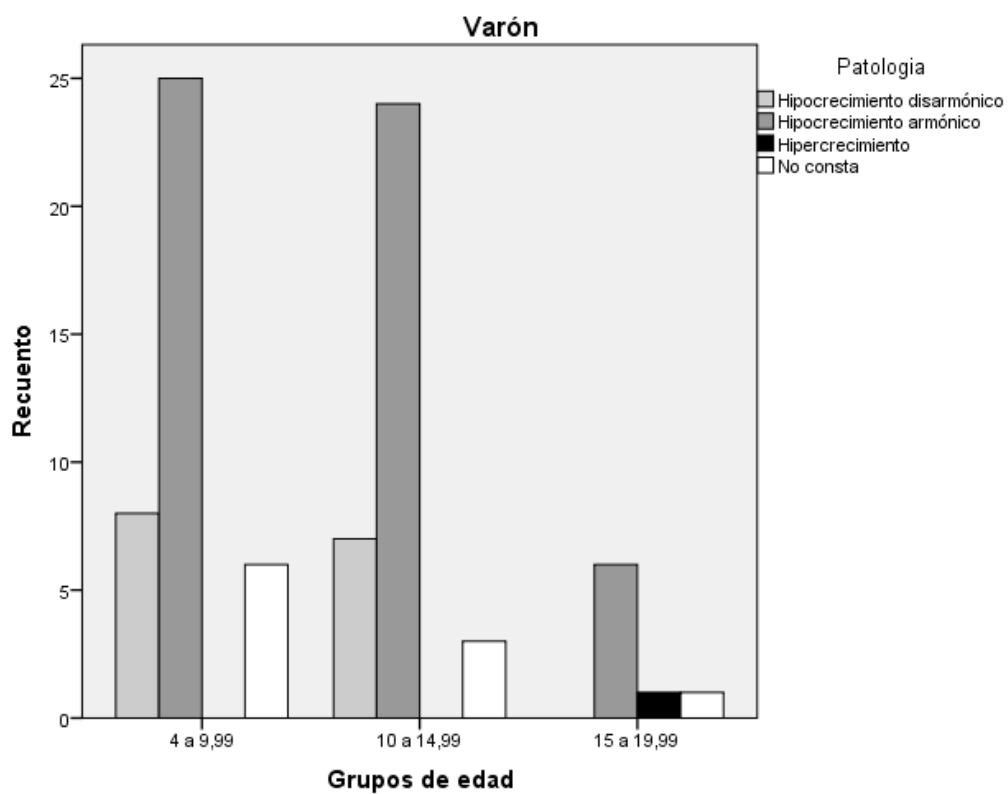


Gráfico 3.2B. Gráfico de barras agrupadas de distribución de la muestra por sexo mujer, patología y grupos de edad. Muestra

## 3.2 *Métodos*

### 3.2.1 Análisis de los registros radiográficos

Las radiografías se obtuvieron mediante sistemas de elaboración de radiografías digitales directas y se guardaron en formato digital DICOM<sup>R</sup>(138). El formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), es el estándar actual de comunicación que emplean los sistemas médicos de diagnóstico (radiografías digitales, mamografías, ultrasonido, resonancia magnética, tomografía computada, angiografía digital...), para la distribución y visualización de imágenes médicas. En grandes líneas, este archivo contiene la imagen propiamente dicha y otros datos como información sobre el paciente y parámetros técnicos del estudio entre otros.

Los visores DICOM son programas destinados a la visualización y manejo de los archivos DICOM. Su utilidad fundamental es la de visualizar imágenes, realizar mediciones, obtener información, conversión a otros formatos gráficos (TIFF, JPEG, PNG...) y si se requiere, anonimizar estudios. Muchos de estos programas son gratuitos, pueden ser descargados de internet, tienen todas sus funciones habilitadas y no caducan.

Para visualizar y manipular la imagen se utilizó el visor RadiAnt<sup>TM</sup> DICOM Viewer 1.9.12 (versión 64 bits) (139) que tiene herramientas básicas para la manipulación y medida de las imágenes, entre otras: desplazamiento y zoom fluidos, ajustes de brillo y contraste, modo negativo, posibilidad de rotar (90, 180 grados) o girar las imágenes (horizontal y vertical), medida de la longitud de segmento y herramienta de lápiz para dibujar libremente.

En la muestra segunda, primero se analizó la mano izquierda y después la derecha. En cada radiografía primero se estimó la edad ósea según el método de Greulich y Pyle (140), comparando cada radiografía problema con el atlas y su resultado se anotaba en la base de datos correspondiente.

Después se midió la longitud máxima de los núcleos de osificación (21 huesos) según el Método de Ebrí (141-143), siguiendo una metodología básica que no requería de gran

experiencia técnica, utilizando no un medidor nonius óptico como Ebrí, sino las herramientas de medición disponibles en el visor DICOM. Las medidas se realizaron en el siguiente orden: grande, ganchoso, piramidal, pisiforme, semilunar, escafoides, trapecio, trapecoide, epífisis distal de cúbito, radio, 1<sup>er</sup> meta y epífisis de la falange proximal del 1<sup>er</sup> dedo, falange distal del 1<sup>er</sup> dedo, falange distal, media y proximal del tercer dedo, cabeza meta del 3<sup>er</sup> dedo, epífisis de falanges distal, media y proximal del 5<sup>o</sup> dedo y cabeza meta del 5<sup>o</sup> dedo.

Una vez medidas las radiografías, los resultados se anotaban en la base de datos y las imágenes se guardaban en formato JPG identificándolas con el número de historia clínica, fecha de realización de la prueba y mano izquierda (imagen 3.5), derecha (imagen 3.6), o ambas (imagen 3.7).

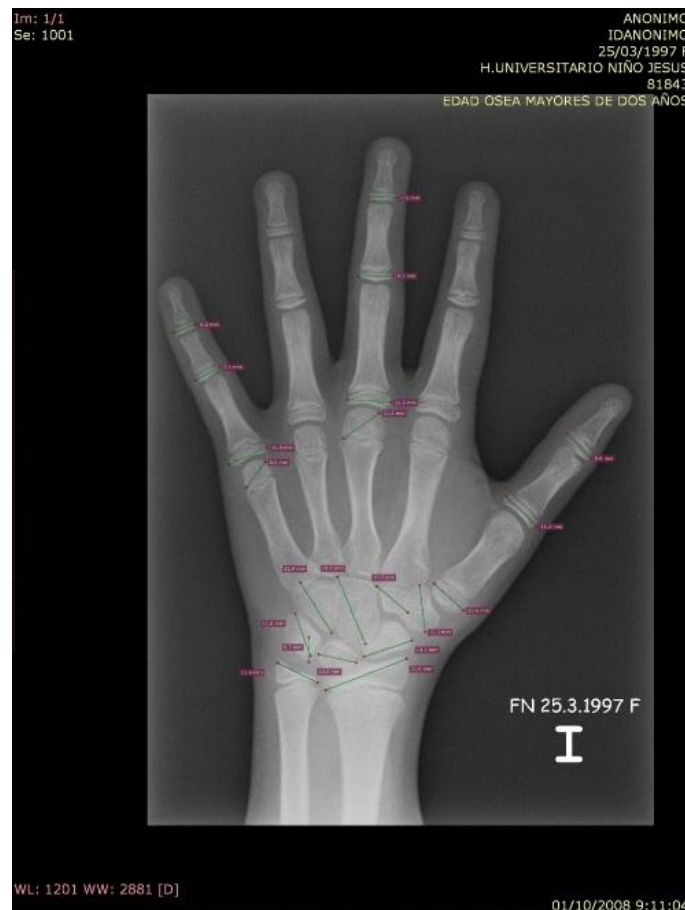


Imagen 3.5 Radiografía de mano izquierda (edad ósea mayores de 2 años) medida con el visor RadiAnt™ DICOM.



Imagen 3.6 Radiografía de mano derecha (serie ósea completa) medida con el visor RadiAnt™ DICOM.

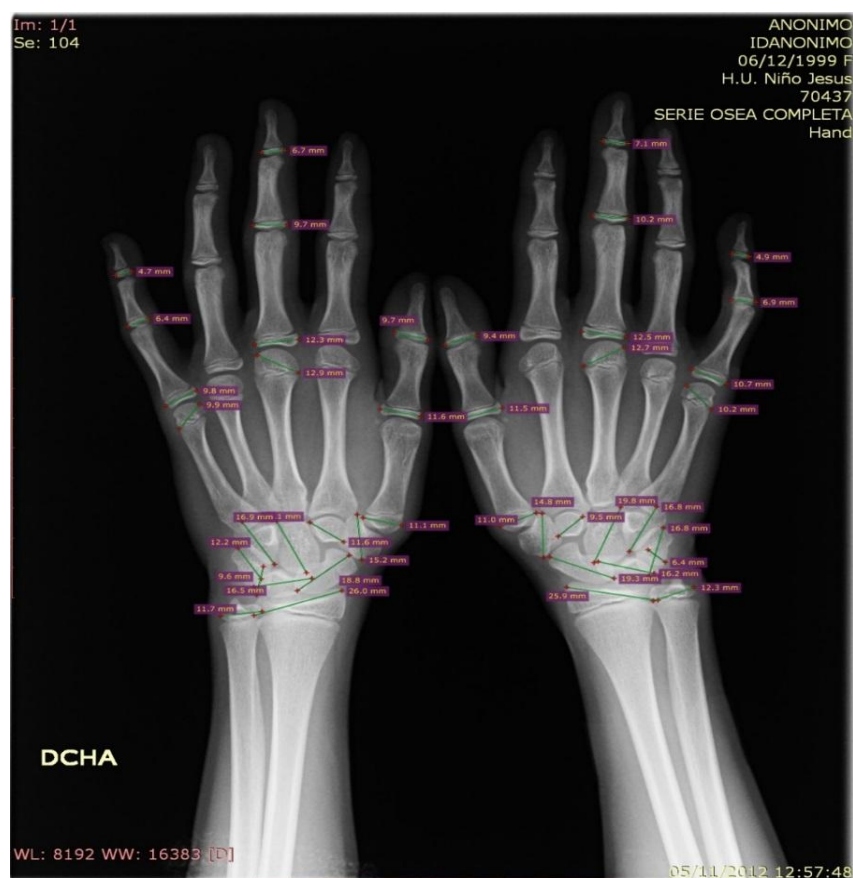


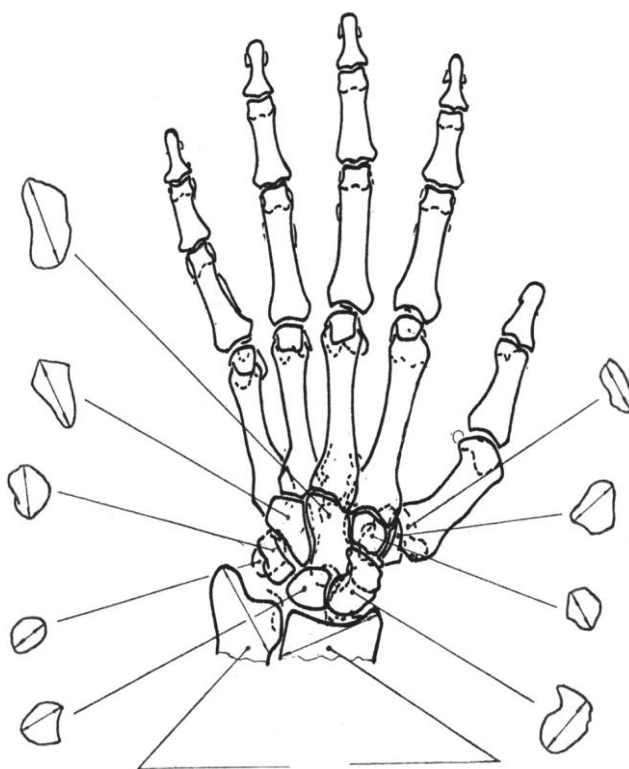
Imagen 3.7 Radiografía de ambas manos (serie ósea completa) medida con el visor RadiAnt™ DICOM.



### 3.2.2 Cálculo de la edad ósea por el método de Ebrí

Tras obtener las medidas, se utilizaron las fórmulas matemáticas del método de Ebrí (141-143), para calcular las edades óseas, con arreglo a los siguientes índices de valoración osificativos (IVO): (1) índice carpiano (IC), (2) índice metacarpofalángico (IMF) e (3) índice carpo-metacarpofalángico (ICMF), tal como se describe a continuación.

**Índice Carpiano (IC).** Este índice se expresa en mm y es resultado de la suma de los diámetros máximos de los núcleos de los huesos del carpo (grande, ganchoso, piramidal, pisiforme, semilunar, escafoides, trapecio, trapezoide) y de las epífisis distales del cúbito, radio y 1<sup>er</sup> meta, dividiéndose el sumando para simplificación numérica por 11 (número fijo, estén presentes o no todos los núcleos en el momento de la medición).



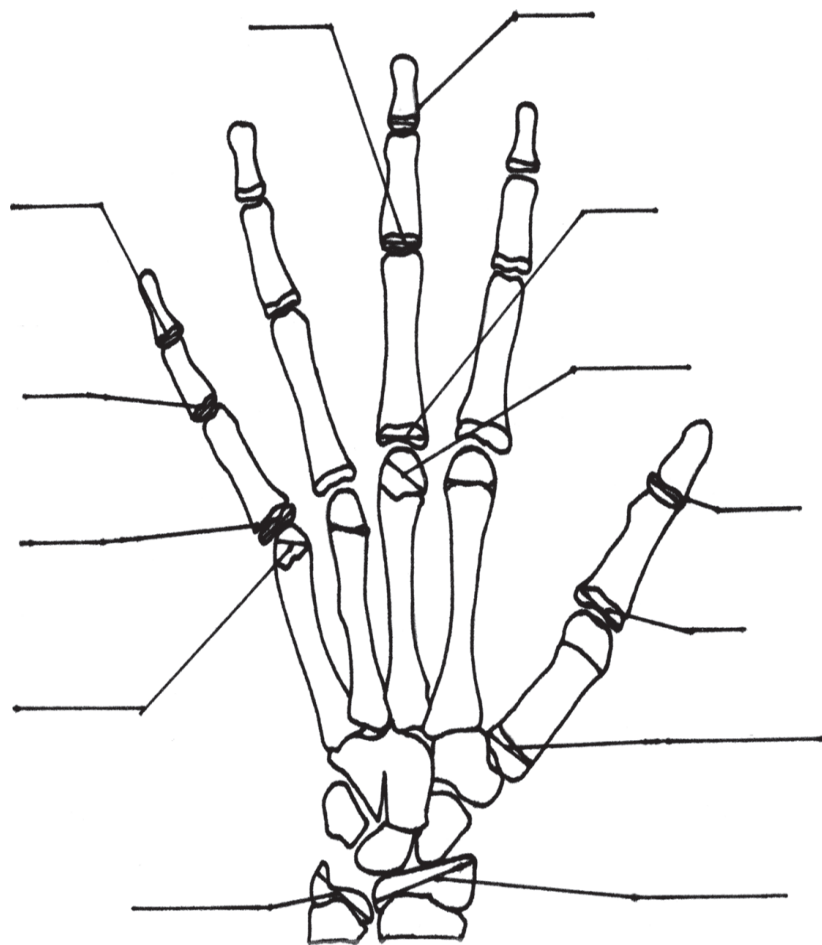
MANO IZQUIERDA PROYECCION DORSO PALMAR

Figura 3.2.1 Máximos diámetros de los núcleos de osificación carpianos.

Grande  
Ganchoso  
Piramidal  
Pisiforme  
Semilunar  
Epífisis distal cubital

Epífisis primer metacarpiano  
Trapecio  
Trapezoide  
Escafoides  
Epífisis distal radial

El **Índice Metacarpofalángico (IMF)** se expresa en mm y es el resultado de la suma de los diámetros máximos de las epífisis distales del cúbito, radio, 1<sup>er</sup> meta, falange proximal del 1<sup>er</sup> dedo, falange distal del 1<sup>er</sup> dedo, falange distal, media y proximal del tercer dedo, cabeza meta del 3<sup>er</sup> dedo, falanges distal, media y proximal del 5° dedo y cabeza meta 5° dedo, dividiéndose el sumando para simplificación numérica por 13 (en este caso el 13 es un número fijo, estén presentes o no todos los núcleos en el momento de la medición).



MANO IZQUIERDA PROYECCION DORSO PALMAR

Figura 3.2.2 Máximos diámetros de los núcleos de osificación metacarpofalángicos.

Falange distal 5° dedo  
 Falange medial 5° dedo  
 Falange proximal 5° dedo  
 5° metacarpiano  
 Epífisis cubital  
 Falange proximal pulgar  
 1° metacarpiano  
 Epífisis radial

Falange distal tercer dedo  
 Falange medial tercer dedo  
 Falange proximal tercer dedo  
 Tercer metacarpiano  
 Falange distal pulgar

El **Índice Carpometacarpofalángico (ICMF)** se expresa en mm y es el resultado de la suma de los diámetros máximos de los núcleos de los huesos del carpo (grande, ganchoso, piramidal, pisiforme, semilunar, escafoides, trapecio, trapezoide) y de los máximos diámetros de las epífisis distales del cúbito, radio, 1<sup>er</sup> meta, falange proximal del 1<sup>er</sup> dedo, falange distal del 1<sup>er</sup> dedo, falange distal, media y proximal del tercer dedo, cabeza meta del 3<sup>er</sup> dedo, falanges distal, media y proximal del 5º dedo y cabeza meta 5º dedo, dividiéndose el sumando para simplificación numérica por 21 (en este caso el 21 es un número fijo, estén presentes o no todos los núcleos en el momento de la medición).

Así, una vez calculados los índices IC, IMF, ICMF, se calcularon las edades óseas, según las ecuaciones del método de Ebrí.

1. Edad ósea según **IC** (índice carpiano) EOIC:

Ecuación general de ♂ hasta los 20 años: edad ósea (EO)= - 0,670+ 0,718 x **IC**

Ecuación general de ♀ hasta los 20 años: edad ósea (EO)= - 0,548+ 0,807 x **IC**

2. EO según IMF (índice metacarpofalángico) EOIMF:

Ecuación general de ♂ hasta los 20 años: edad ósea (EO)= - 0,504+ 1,029 x **IMF**

Ecuación general de ♀ hasta los 20 años: edad ósea (EO)= - 1,869+ 1,149 x **IMF**

3. EO según ICMF (índice carpometacarpofalángico) EOICMF:

Ecuación general de ♂ hasta los 20 años: edad ósea (EO)= - 0,03+ 0,909 x **ICMF**

Ecuación general de ♀ hasta los 20 años: edad ósea (EO)= - 1,345+ 1,018 x **ICMF**

Las edades óseas calculadas pueden ser llevadas tanto a tablas numéricas de desviación típica, como a una figura de equivalencias.

### 3.2.3 Variables analizadas

Todos los datos del estudio se organizaron y guardaron en un archivo Excel,

utilizándose, una hoja de cálculo para cada muestra analizada. El archivo se presenta como una matriz de datos en forma de tabla, donde las filas representan los casos o sujetos y las columnas las variables. La primera fila corresponde a los nombres de las variables, donde se incluyeron además del n° historia clínica, fecha de nacimiento, fecha de ejecución de la radiografía y medidas de los 21 núcleos de osificación (en mm), las siguientes variables:

1. Patología: variable categórica nominal politómica con 4 categorías: (1) Hipocrecimiento disarmónico, (2) Hipocrecimiento armónico, (3) Hipercrecimiento y (4) No consta. En la historia clínica consta la patología que subclasifico siguiendo la Clasificación etiopatogénica de los hipo e hipercrecimientos.
2. Sexo: variable categórica nominal dicotómica con dos categorías: (1) mujer, (2) varón.
3. Edad cronológica (EC): variable cuantitativa continua que se expresa en años cumplidos con dos decimales, calculada mediante las variables fecha de nacimiento y fecha de ejecución de la radiografía.
4. Tramos de edad: variable categórica nominal politómica con 3 categorías: (1) 4 a 9,99 años, (2) 10 a 14,99 años y (3) 15 a 19,99 años.
5. Edad ósea estimada según el método de Greulich-Pyle (EOGP): variable cuantitativa continua que se expresa en años. Si es de la mano izquierda (EOGPi), si es de la derecha (EOGPd).
6. Medidas de huesos: 21 variables cuantitativas continuas que se expresan en mm, correspondientes a los 21 huesos medidos.
7. Índices de valoración osificativos (IVO), variables cuantitativas continuas que se expresa en mm. Incluyen 3 índices, el IC, IMF e ICMF.
8. Edad ósea calculada según el método de Ebrí en base al IC (EOIC): variable cuantitativa continua que se expresa en años: mano izquierda (EOICi), mano derecha (EOICd).
9. Edad ósea calculada según el método de Ebrí en base al IMF (EOIMF): variable cuantitativa continua que se expresa en años: mano izquierda (EOMFi), mano derecha (EOIMFd).
10. Edad ósea calculada según el método de Ebrí en base al ICMF (EOICMF):

- variable cuantitativa continua que se expresa en años: mano izquierda (EOICMFi), mano derecha (EOICMFd).
11. Edad diferencial (EC-EO): variable cuantitativa continua que se expresa en años y que resulta de restar la edad cronológica de la edad ósea. Se obtienen diferentes edades diferenciales según el método empleado para estimar la edad ósea: EC-EOGP, EC-EOIC, EC-EOIMF, EC-EOICMF. Se recodifica en una variable categórica nominal politómica con 5 categorías: (0) EO Acorde si EC-EO= +/- 1 año, (1) EO Retrasada si EC-EO >1 año; (2) EO muy retrasada si EC-EO > 2 años, (3) Adelantada si EC-EO < -1 año y (4) Muy adelantada si EC-EO < -2 años.
  12. Dif\_GP: variable cuantitativa continua que se expresa en años y que resulta de restar la edad ósea estimada por el método de Greulich-Pyle de la mano izquierda menos la edad ósea estimada por el método de Greulich-Pyle de la mano derecha (EOGPi-EOGPd).
  13. Dif\_IC: variable cuantitativa continua que se expresa en años y que resulta de restar la edad ósea estimada por el método de Ebrí basada en el índice carpiano de la mano izquierda menos la edad ósea estimada por el método de Ebrí basada en el índice carpiano de la mano derecha (EOICi-EOICd).
  14. Dif\_IMF: variable cuantitativa continua que se expresa en años y que resulta de restar la edad ósea estimada por el método de Ebrí basada en el índice metacarpofalángico de la mano izquierda menos la edad ósea estimada por el método de Ebrí basada en el índice metacarpofalángico de la mano derecha (EOIMFi-EOIMFd).
  15. Dif\_ICMF: variable cuantitativa continua que se expresa en años y que resulta de restar la edad ósea estimada por el método de Ebrí basada en el índice carpometacarpofalángico de la mano izquierda menos la edad ósea estimada por el método de Ebrí basada en el índice carpometacarpofalángico de la mano derecha (EOICMFi-EOICMFd).
  16. Hueso\_i2: variable categórica nominal con dos categorías: (0) no presente (=0mm), (1) presente (>0mm). Mano izquierda. Se creó para valorar la simetría.
  17. Hueso\_d2: variable categórica nominal con dos categorías: (0) no presente, (1) presente (>0mm). Mano derecha.
  18. Dif\_hueso: variable cuantitativa continua que se expresa en mm y que resulta de

restar el diámetro máximo de cada núcleo de osificación medido en la mano izquierda de su homólogo en la mano derecha.

### 3.2.4 Método estadístico

Los datos han sido analizados estadísticamente mediante el programa de tratamiento estadístico IBM SPSS Statistics, versión 22.0 (IBM Inc, Kerhonkson, NY).

La estadística descriptiva de las muestras del estudio incluyó medidas estadísticas de distribución generales: número de casos, valores mínimos y máximos, media aritmética, desviación estándar y mediana. Los datos se analizaron por muestra total, sexo, patologías y grupos de edad. Los resultados se expresaron en tablas y mediante gráficos de cajas (box-plot). La descripción y comparación de la distribución de frecuencias de una variable categórica para cada una de las categorías de otra variable categórica se realizó mediante tablas de contingencia.

La Estadística inferencial, encargada de obtener información de la población de origen a partir de los datos, se ha realizado con pruebas paramétricas y no paramétricas: T-Student, prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, chi cuadrado, correlación (coeficiente de correlación de Pearson y coeficiente de correlación ordinal de Sperman), Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) y método de Bland y Altman.

#### 3.2.4.1 Relación entre variables cuantitativas

Se pretende realizar diferentes comparaciones entre variables cuantitativas: edad cronológica versus edad ósea estimada por diferentes métodos, edad ósea versus métodos, tamaño de núcleos de osificación de la mano izquierda versus mano derecha y edad ósea de mano izquierda versus edad ósea de la mano derecha.

El análisis de la relación se puede realizar comparando dos medias a través de tablas o diagramas de cajas, lo que nos puede sugerir si son iguales o diferentes, pero para obtener una conclusión se debe aplicar una prueba estadística. Hay que preguntarse si las diferencias encontradas en la muestra son una estimación válida de las verdaderas diferencias que existen en la población o es una diferencia explicable por el azar en una

muestra extraída de una población en la que no existen diferencias.

Sólo hay dos soluciones o las medias de la población son iguales con lo que la diferencia es nula (hipótesis nula  $H_0: EOi-EOd=0$ ) o las medias de la población son diferentes (hipótesis alternativa  $H1:EOi-EOd\neq 0$ ). La distribución de probabilidad en el caso de diferencia de medias la ofrece la ley T de Student.

Si la probabilidad de obtener en la población una diferencia de medias  $\geq$  a la obtenida en la muestra, en N casos extraídos de una población de medias nulas es grande ( $p > 0,05$ ), la diferencia encontrada es explicable por el azar, se acepta la hipótesis nula y por tanto se asume que en promedio no hay diferencias estadísticamente significativas entre las variables comparadas y si es pequeña ( $p \leq 0,05$ ), la diferencia encontrada es poco explicable por el azar, por lo que no se puede aceptar la  $H_0$  y por tanto se asume la hipótesis alternativa: en promedio, si hay diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros comparados.

No obstante, primero se debería evaluar si las variables cuantitativas en cada uno de los grupos de la variable categórica, siguen una ley normal (pruebas de Shapiro-Wilk), ya que cuando no se puede suponer la normalidad de dichas muestras, como alternativa a la prueba T de Student se podría utilizar la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon que es una prueba no paramétrica para comparar la mediana de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. No obstante, al tratarse de una muestra amplia se podría calcular la T de Student.

Otras pruebas estadísticas para analizar la relación entre dos variables cuantitativas, edad cronológica y edad ósea, serían la Correlación, la Regresión lineal simple, el coeficiente de correlación intraclase y el Método de Bland y Altman.

En la correlación las variables juegan un valor simétrico. Se trata de una prueba estadística de independencia, sólo permite estudiar la posible asociación lineal entre las variables. Los índices más empleados son el coeficiente de correlación de Pearson, basado en valores (aplicable en caso de normalidad) y el coeficiente de correlación ordinal de Sperman, basado en ordenaciones (no normalidad). La magnitud aceptable de un coeficiente de correlación depende del tipo de estudio. En investigación en

poblaciones humanas, un coeficiente de correlación de 0,4 es bastante aceptable.

Esta relación se entiende mejor valorando su representación gráfica conjunta mediante el Diagrama de dispersión o de puntos (Scatterplot). La forma alargada y ascendente de la nube de puntos sugiere una asociación lineal positiva entre ambas variables. Una recta inclinada indicaría asociación lineal. Al aumentar la edad cronológica, aumenta la edad ósea.

Se realizaron además pruebas de regresión lineal (prueba estadística de homogeneidad) para inferir la edad cronológica, tomando la edad ósea obtenida por el método de GP, como variable predictora.

Pero la existencia de correlación no implica la presencia de concordancia o acuerdo. Si se mide una variable con dos procedimientos diferentes podemos encontrar un  $r$  muy alto pero la concordancia o acuerdo puede ser muy baja. El Coeficiente de Correlación valora la intensidad de la asociación lineal entre dos mediciones cuantitativas, que es un concepto distinto del grado de acuerdo entre ambas mediciones.

La fiabilidad o concordancia (reliability, acuerdo, reproducibilidad, consistencia), entre dos variables cuantitativas resultado de aplicar distintos instrumentos de medida no debe evaluarse mediante el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson, sino mediante los Coeficientes de Correlación Intraclass (CCI). Hay dos tipos de CCI de consistencia (valora consistencia o coherencia) y de acuerdo (valora acuerdo absoluto). Los valores del CCI oscilan entre 0 (ausencia total de concordancia) y 1 (concordancia absoluta). Su interpretación aceptando las categorías de Fleiss:  $< 0,40$  es bajo o malo, entre  $0,41$  y  $0,75$  es regular/bueno o aceptable y  $> 0,75$  es muy bueno o excelente.

Bland y Altman propusieron en 1986 un sencillo método gráfico para evaluar la concordancia entre dos variables cuantitativas. Este procedimiento, resulta útil en estudios de comparación de dos métodos. El método de Bland y Altman consiste en representar gráficamente, en un diagrama de dispersión, la media de las dos mediciones, como la mejor estimación del verdadero valor, frente a la diferencia absoluta entre los dos valores.



El gráfico incluye, además, una línea horizontal en la diferencia media y dos líneas, llamadas límites de concordancia, a una distancia de 2 desviaciones estándar por arriba y por debajo de la primera. Si las diferencias entre los pares de observaciones siguen aproximadamente una distribución normal y los valores tienden a ser estables en todo el rango de medición, se espera que el 95% de esas diferencias caigan dentro de los límites de concordancia. Esto permite valorar gráficamente, de forma sencilla, el grado de acuerdo entre los dos métodos.

#### 3.2.4.2 Relación entre variables categóricas

En este estudio se pretende además realizar el análisis de la relación entre variables categóricas: adelanto o retraso madurativo versus patología o la variable binaria hueso mano izquierda/hueso mano derecha con la variable binaria presente/no presente para estudiar la simetría.

La descripción y comparación de la distribución de frecuencias de una variable categórica para cada una de otra variable categórica, se realiza mediante una tabla de contingencia, en cuyas casillas se muestra su distribución conjunta. El análisis de la relación consiste en la comparación de dos proporciones: la proporción de casos en los que hay adelanto/acuerdo o retraso madurativo o la proporción de casos en que ambos huesos están presentes o ausentes simultáneamente en ambas manos (simetría), frente a la proporción de casos en los que está presente en un lado y no está presente en el otro lado (asimetría). Tratamos de medir así el grado de acuerdo entre maduración/patología y el grado de acuerdo presencia/ausencia simultánea entre las dos manos.

La medida más simple de concordancia es la proporción de coincidencias frente al total de los sujetos o porcentaje de acuerdo observado. Este índice es muy intuitivo y fácilmente interpretable: tomará valores entre 0 (total desacuerdo) y 1 (máximo acuerdo). Lo previsible al presumirse que las patologías producen retraso (hipocrecimientos) y que la maduración ósea es simétrica sería que encontraríamos del orden de un 100% de coincidencias.

Pero teniendo en cuenta que siempre es previsible encontrar un cierto grado de concordancia debido en parte al azar, con el fin de determinar hasta qué punto la concordancia observada es superior a la que es esperable obtener por puro azar, se define el índice de concordancia Kappa.

Es una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). En general se cree que es una medida más robusta que el simple cálculo del porcentaje de concordancia, ya que  $\kappa$  tiene en cuenta el acuerdo que ocurre por azar. En caso de concordancia perfecta el valor de Kappa es 1; si la concordancia observada es igual a la esperada (por puro azar) Kappa vale 0; y en el caso de que el acuerdo observado sea inferior al esperado el índice Kappa es menor que cero. Landis y Koch propusieron unos márgenes para valorar el grado de acuerdo en función del índice Kappa: <0,00 sin acuerdo; 0,00-0,20 insignificante; 0,20-0,40 bajo; 0,40-0,60 moderado; 0,60-0,80 bueno; 0,80-1,00 muy bueno.

Las pruebas estadísticas utilizadas en el análisis de esta relación son la prueba de chi cuadrado o la prueba exacta de Fisher bilateral (>20% de casillas con frecuencia esperada <5), que nos informaran del grado en que la relación puede ser debida al azar.

# RESULTADOS

## **4.1 *Resultados muestra 1. Edad cronológica versus edad ósea***

- 4.1.1 Comparación entre edad cronológica y edad ósea. Estadística descriptiva e inferencial.
- 4.1.2 Estudio del ritmo madurativo en los hipocrecimientos. Estadística descriptiva e inferencial.

## **4.2 *Resultados muestra 2. Estudio de simetría bilateral***

- 4.2.1 Comparación de la presencia o ausencia de los núcleos de osificación en ambas manos.
- 4.2.2 Comparación del diámetro máximo de los núcleos de osificación en ambas muñecas y manos.
- 4.2.3 Comparación de las edades óseas de ambas manos.

#### 4.1 *Resultados muestra 1. Edad cronológica versus edad ósea.*

##### 4.1.1 Comparación entre edad cronológica y edad ósea. Estadística descriptiva e inferencial.

	EC	EOGP	EOIC	EOIMF	EOICMF	EC-EOGP	EC-EOIC	EC-EOIMF	EC-EOICMF
N	173	173	173	173	173	173	173	173	173
Mínimo	4,08	1,50	,68	1,28	1,63	-3,32	-3,02	-2,29	-2,58
Máximo	20,52	18,00	15,02	16,44	16,29	3,89	7,48	7,65	7,57
Media	9,88	9,61	8,40	9,35	9,15	,26	1,47	,52	,72
Desviación estándar	3,73	4,24	3,75	3,27	3,49	1,45	1,86	1,66	1,66
Mediana	9,66	10,00	8,36	9,18	9,04	,23	1,32	,20	,43

Tabla 4.1.1.1 Medidas estadísticas de distribución de edad cronológica y edades óseas y de la diferencia EC-EO en la muestra global de radiografías de muñeca y mano izquierda.

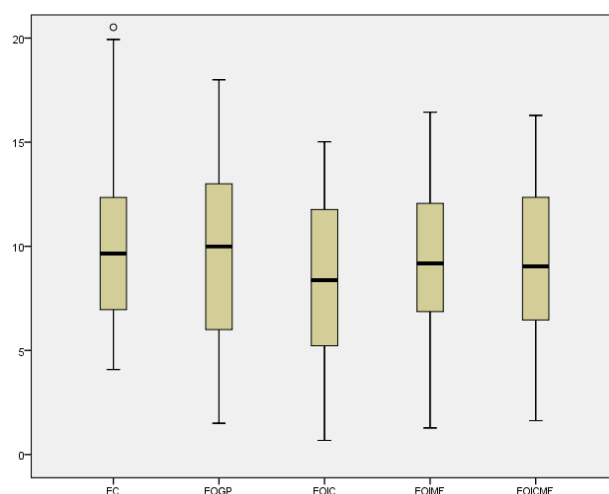


Gráfico 4.1.1.1A Diagramas de cajas de distribución de edad cronológica y edades óseas, en la muestra global de radiografías de muñeca y mano izquierda.

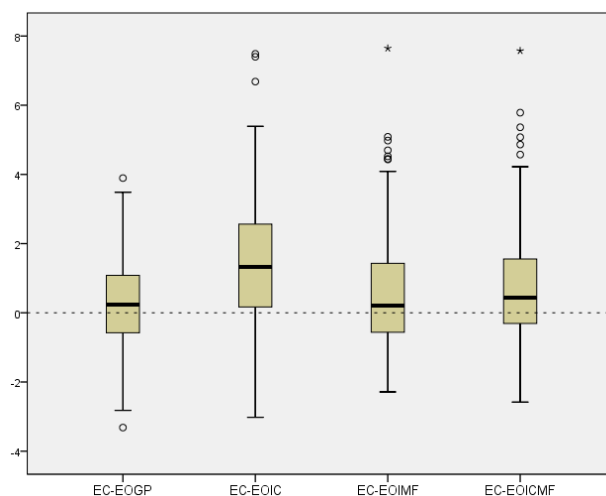


Gráfico 4.1.1.1B Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre edad cronológica y edades óseas, en la muestra global de radiografías de muñeca y mano izquierda.

Sexo		EC	EOGP	EOIC	EOIMF	EOICMF	EC-EOGP	EC-EOIC	EC-EOIMF	EC-EOICMF
Mujer	N	81	81	81	81	81	81	81	81	81
	Mínimo	4,12	2,00	1,70	2,94	2,34	-3,32	-3,02	-2,03	-2,58
	Máximo	20,52	18,00	15,02	15,16	15,18	3,89	7,40	7,65	7,57
	Media	9,78	9,67	9,04	9,18	9,05	,10	,74	,59	,73
	Desviación E	3,82	4,36	3,69	3,16	3,45	1,52	1,93	1,86	1,87
	Mediana	9,24	8,83	9,00	8,95	8,76	-,04	,39	,19	,29
Varón	N	92	92	92	92	92	92	92	92	92
	Mínimo	4,08	1,50	,68	1,28	1,63	-2,82	-,64	-2,29	-1,67
	Máximo	19,93	18,00	15,01	16,44	16,29	3,30	7,48	5,09	5,78
	Media	9,96	9,56	7,84	9,49	9,24	,40	2,12	,46	,72
	Desviación E	3,67	4,15	3,73	3,37	3,55	1,38	1,53	1,46	1,46
	Mediana	9,71	10,00	7,79	9,48	9,14	,36	2,00	,21	,5420

Tabla 4.1.1.2 Medidas estadísticas de distribución de edades cronológica y ósea y de las diferencias EC-EO en la muestra de radiografías muñeca y mano izquierda por sexos.

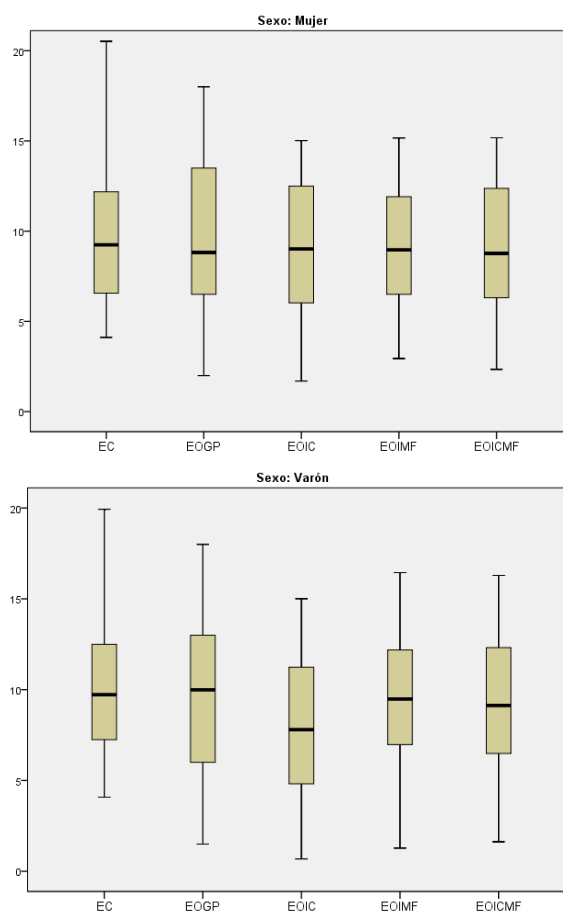


Gráfico 4.1.1.2A Diagramas de cajas de distribución de edad cronológica y edades óseas, en la muestra por sexo, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

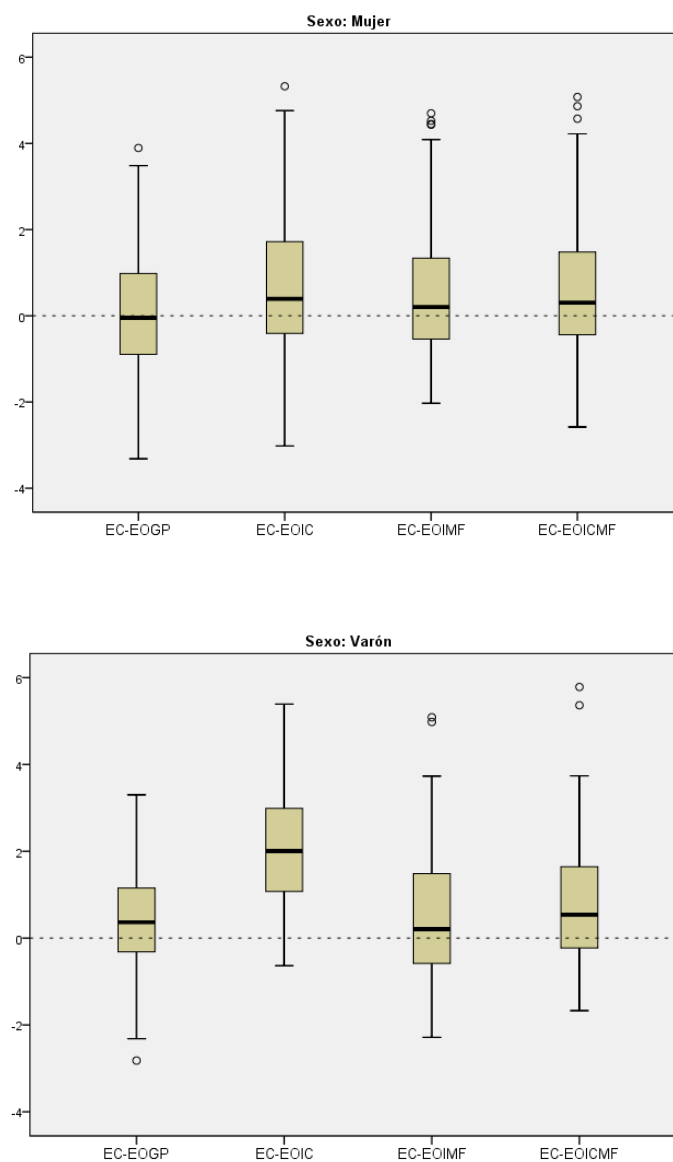


Gráfico 4.1.1.2B Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre edad cronológica y edades óseas, en la muestra por sexo, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

Patología		EC	EOGP	EOIC	EOIMF	EOICMF	EC-EOGP	EC-EOIC	EC-EOIMF	EC-EOICMF
Hipocrecimiento disarmónico	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Mínimo	4,32	3,00	2,17	4,47	3,89	-3,32	-,96	-1,29	-,88
	Máximo	16,93	18,00	13,28	14,89	14,34	2,96	4,64	2,71	2,73
	Media	9,42	9,20	7,97	9,04	8,83	,21	1,44	,37	,59
	DE	3,26	3,62	3,44	2,78	3,07	1,21	1,51	1,00	,99
	Mediana	9,06	9,00	8,18	9,06	8,63	-,0212	1,48	,08	,23
Hipocrecimiento armónico	N	119	119	119	119	119	119	119	119	119
	Mínimo	4,08	1,50	,68	1,28	1,63	-2,82	-2,52	-2,29	-2,11
	Máximo	20,52	18,00	15,02	16,44	16,29	3,89	7,48	7,65	7,57
	Media	9,95	9,68	8,39	9,31	9,11	,27	1,56	,64	,84
	DE	3,91	4,44	3,90	3,44	3,66	1,52	1,96	1,84	1,84
	Mediana	9,78	10,00	8,36	9,26	9,15	,23	1,23	,23	,53
Hipercrecimiento	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Mínimo	7,87	6,50	7,97	8,23	7,89	-2,72	-,10	-,60	-,35
	Máximo	15,44	17,00	14,55	16,04	15,79	1,37	1,65	1,18	,68
	Media	12,48	12,75	11,76	12,36	12,31	-,26	,72	,11	,16
	DE	3,33	4,80	3,02	3,40	3,39	1,82	,73	,79	,44
	Mediana	13,31	13,75	12,26	12,59	12,79	,14	,67	-,05	,17
No consta	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mínimo	4,12	3,50	3,41	5,93	4,39	-2,34	-3,02	-2,00	-2,58
	Máximo	15,60	15,50	13,81	15,00	15,09	2,66	4,44	2,76	3,15
	Media	9,60	9,21	8,44	9,44	9,22	,39	1,16	,15	,37
	DE	3,38	3,77	3,23	2,75	2,98	1,38	1,89	1,44	1,43
	Mediana	8,69	8,41	7,80	8,87	8,57	,58	1,65	,18	,41

Tabla 4.1.1.3 Medidas estadísticas de distribución de la edad cronológica y las edades óseas y de las diferencias EC-EO, en la muestra por patologías, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

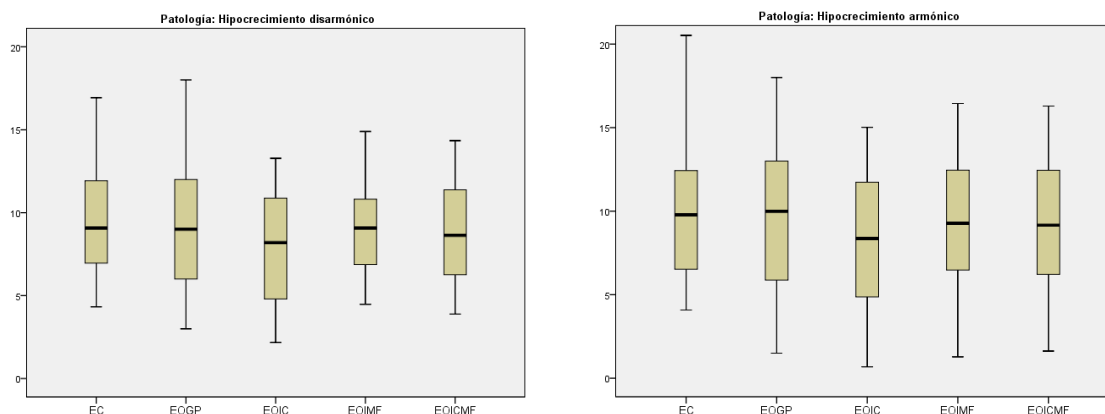


Gráfico 4.1.1.3A Diagramas de cajas de distribución de edad cronológica y edades óseas, en la muestra por patologías, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

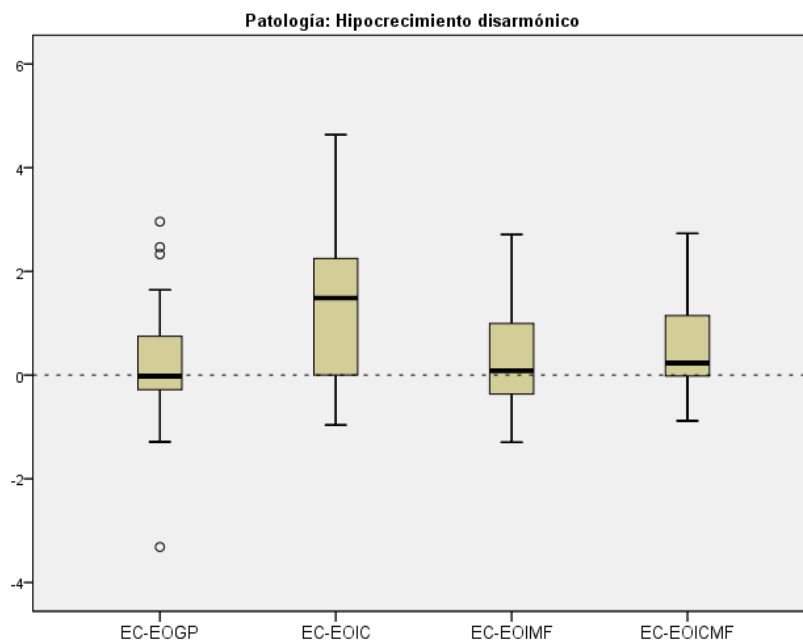


Gráfico 4.1.1.3B Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre edad cronológica y edades óseas, en el hipoprecimiento disarmónico, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

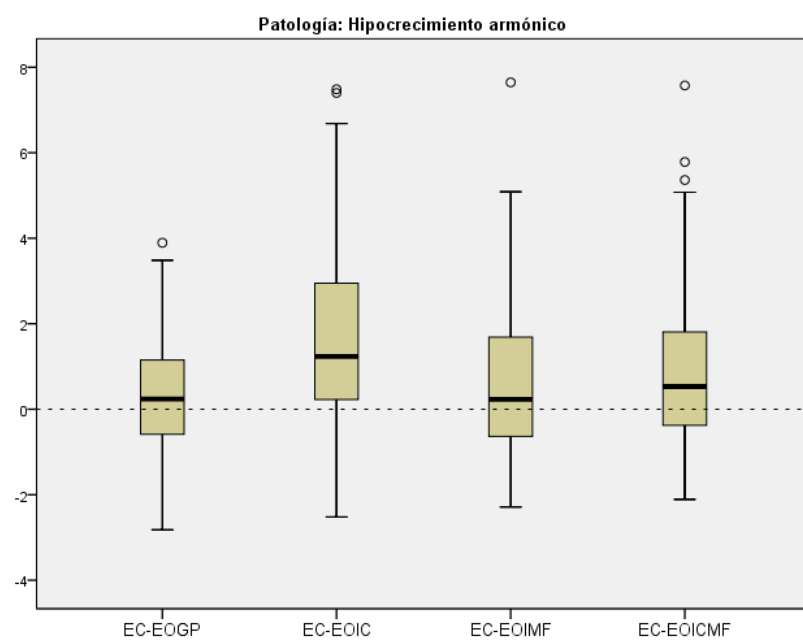


Gráfico 4.1.1.3C Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre edad cronológica y edades óseas, en el hipoprecimiento armónico, de radiografías de muñeca y mano izquierda.



Grupos de edad		EC	EOGP	EOIC	EOIMF	EOICM F	EC- EOGP	EC- EOIC	EC- EOIMF	EC- EOICMF
4 a 9,99	N	94	94	94	94	94	94	94	94	94
	Mínimo	4,08	1,50	,68	1,28	1,63	-2,26	-3,02	-2,29	-2,58
	Máximo	9,98	11,00	12,70	11,62	12,26	3,89	4,86	3,55	4,13
	Media	7,04	6,49	5,77	7,01	6,64	,54	1,26	,02	,39
	DE	1,89	2,47	2,60	2,09	2,29	1,35	1,60	1,27	1,29
	Mediana	7,35	6,66	5,73	7,04	6,66	,37	1,28	-,043	,21
10 a 14,99	N	65	65	65	65	65	65	65	65	65
	Mínimo	10,20	7,00	4,81	6,47	6,46	-3,32	-1,90	-2,03	-1,77
	Máximo	14,85	17,00	14,54	15,75	15,52	3,39	7,48	5,09	5,78
	Media	12,42	12,57	11,13	11,63	11,69	-,14	1,28	,78	,72
	DE	1,34	2,11	2,16	1,75	1,87	1,60	1,88	1,59	1,64
	Mediana	12,18	13,00	11,42	11,79	12,05	-,15	1,01	,65	,55
15 a 19,99	N	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	Mínimo	15,42	15,00	12,20	12,71	12,45	-1,07	,40	-,60	-,35
	Máximo	20,52	18,00	15,02	16,44	16,29	2,52	7,40	7,65	7,57
	Media	17,14	16,85	13,37	14,44	14,19	,28	3,77	2,70	2,94
	DE	1,59	1,29	,97	1,32	1,27	1,00	1,98	2,32	2,29
	Mediana	16,97	17,50	13,16	14,64	14,13	,00	3,75	2,33	2,61

Tabla 4.1.1.4 Medidas estadísticas de distribución de la edad cronológica y las edades óseas y de las diferencias EC-EO, en la muestra por grupos de edad, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

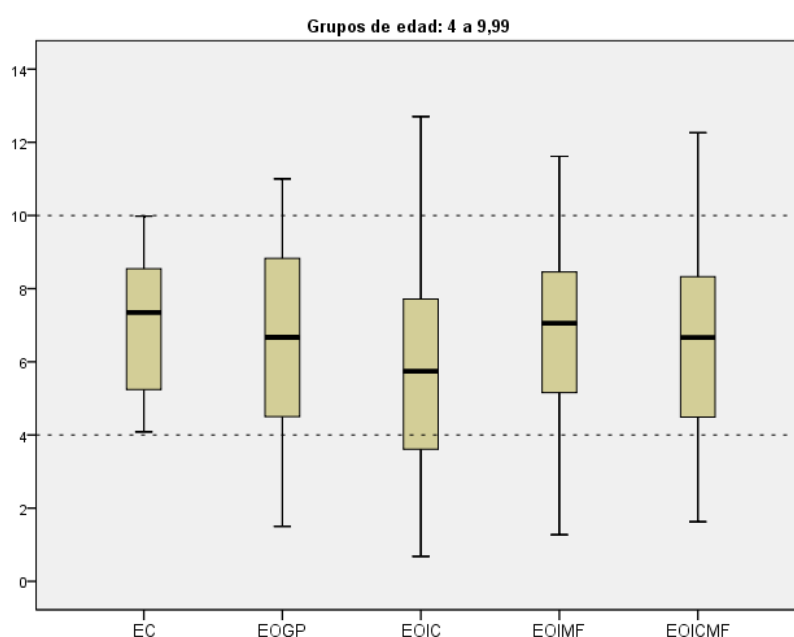


Gráfico 4.1.1.4A Diagramas de cajas de distribución de edad cronológica y edades óseas, en el grupo de edad de 4 a 9,99 años, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

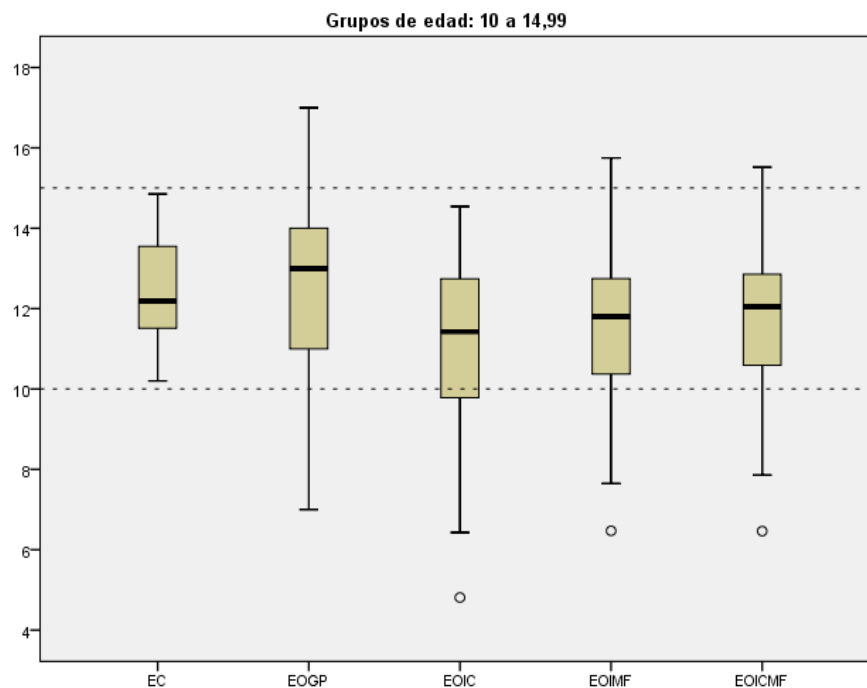


Gráfico 4.1.1.4B Diagramas de cajas de distribución de edad cronológica y edades óseas, en el grupo de edad de 10 a 14,99 años, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

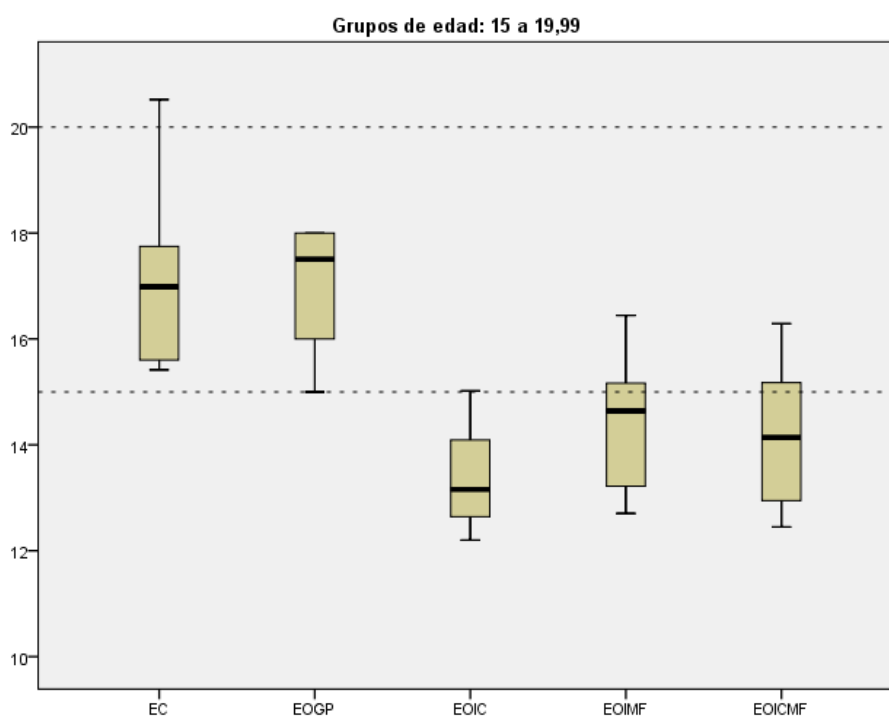


Gráfico 4.1.1.4C Diagramas de cajas de distribución de edad cronológica y edades óseas, en el grupo de edad de 15 a 19,99 años, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

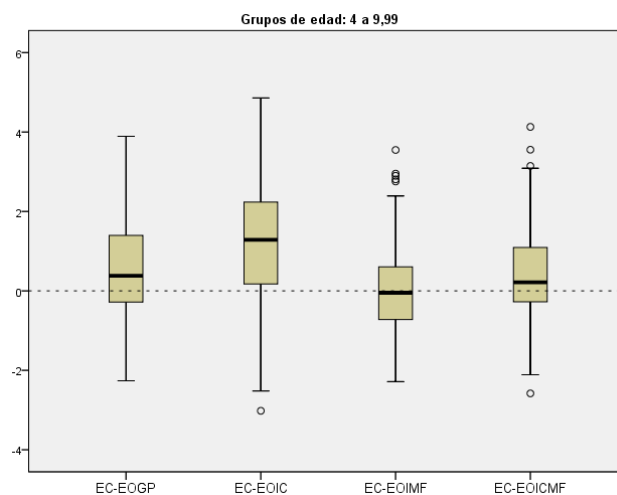


Gráfico 4.1.1.4D Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre edad cronológica y edades óseas, en el grupo de edad de 4 a 9 años, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

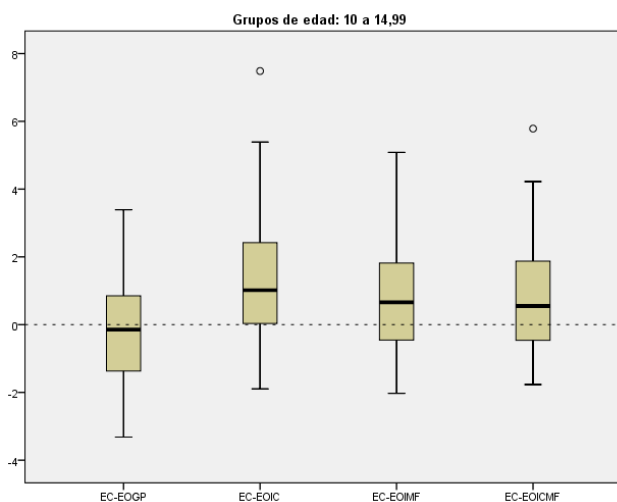


Gráfico 4.1.1.4E Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre edad cronológica y edades óseas, en el grupo de edad de 10 a 14 años, de radiografías de muñeca y mano izquierda.

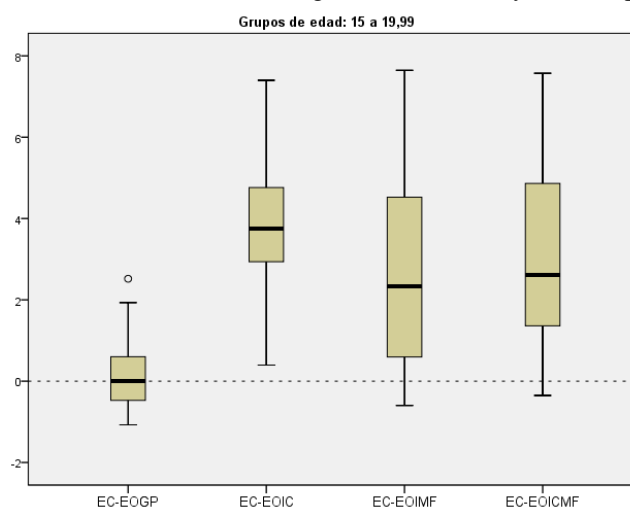
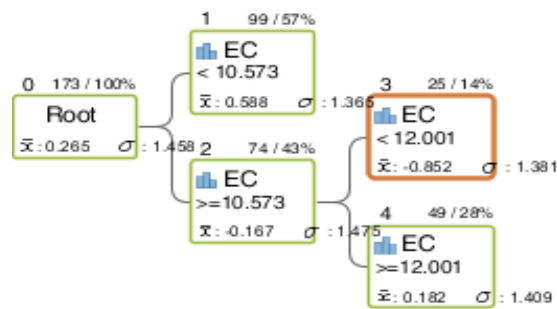
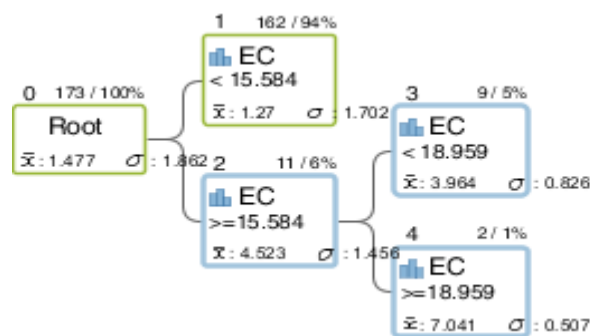


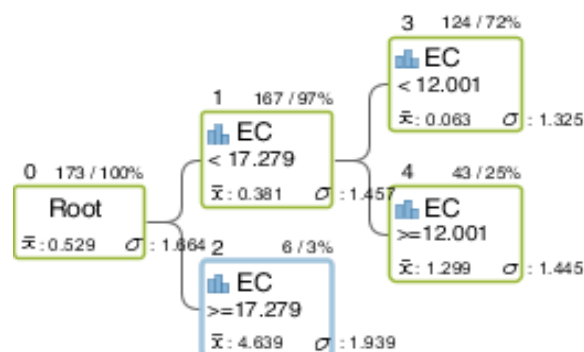
Gráfico 4.1.1.4F Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre edad cronológica y edades óseas, en el grupo de edad de 14 a 19 años, de radiografías de muñeca y mano izquierda.



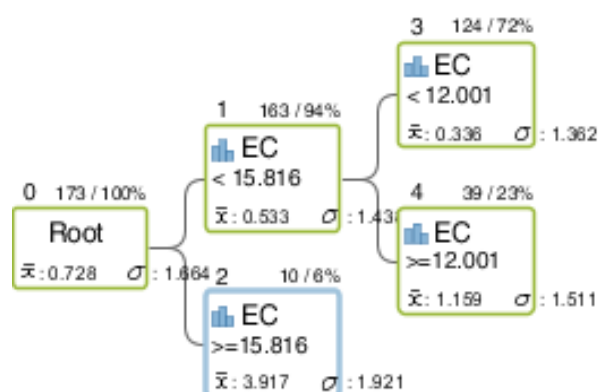
Árbol de decisión 4.1.1.1 Edades óptimas de diferencias mínimas EC-EOGP



Árbol de decisión 4.1.1.2 Edades óptimas de diferencias mínimas EC-EOIC



Árbol de decisión 4.1.1.3 Edades óptimas de diferencias mínimas EC-EOIMF



Árbol de decisión 4.1.1.4 Edades óptimas de diferencias mínimas EC-EOICMF

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
EC-EOGP	2,389	172	,018	,26480	,0461	,4835
EC-EOIC	10,432	172	,000	1,47694	1,1975	1,7564
EC-EOIMF	4,181	172	,000	,52889	,2792	,7786
EC-EOICMF	5,756	172	,000	,72813	,4784	,9778

Tabla 4.1.1.5 Prueba de muestra única. Muestra global.

Sexo		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Mujer	EC-EOGP	,629	80	,531	,10684	-,2311	,4448
	EC-EOIC	3,458	80	,001	,74376	,3157	1,1718
	EC-EOIMF	2,873	80	,005	,59628	,1833	1,0093
	EC-EOICMF	3,521	80	,001	,73193	,3183	1,1456
Varón	EC-EOGP	2,795	91	,006	,40387	,1169	,6909
	EC-EOIC	13,252	91	,000	2,12245	1,8043	2,4406
	EC-EOIMF	3,066	91	,003	,46957	,1653	,7738
	EC-EOICMF	4,735	91	,000	,72479	,4208	1,0288

Tabla 4.1.1.6 Prueba de muestra única. Muestra por sexo.

Patología		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Hipocrecimiento disarmónico	EC-EOGP	,978	29	,336	,21693	-,2366	,6704
	EC-EOIC	5,218	29	,000	1,44303	,8774	2,0087
	EC-EOIMF	2,049	29	,050	,37634	,0006	,7521
	EC-EOICMF	3,246	29	,003	,59033	,2184	,9623
Hipocrecimiento armónico	EC-EOGP	1,953	118	,053	,27332	-,0038	,5504
	EC-EOIC	8,687	118	,000	1,56348	1,2071	1,9199
	EC-EOIMF	3,817	118	,000	,64385	,3098	,9779
	EC-EOICMF	4,972	118	,000	,84099	,5060	1,1759

Tabla 4.1.1.7 Prueba de muestra única. Muestra por patología.

Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
4 a 9,99	EC-EOGP	3,929	93	,000	,54737	,2707	,8240
	EC-EOIC	7,672	93	,000	1,26719	,9392	1,5952
	EC-EOIMF	,209	93	,835	,02732	-,2328	,2874
	EC-EOICMF	2,994	93	,004	,39960	,1346	,6646
10 a 14,99	EC-EOGP	-,749	64	,456	-,14878	-,5454	,2479
	EC-EOIC	5,510	64	,000	1,28606	,8198	1,7523
	EC-EOIMF	3,985	64	,000	,78597	,3920	1,1800
	EC-EOICMF	3,556	64	,001	,72484	,3176	1,1320
15 a 19,99	EC-EOGP	1,071	13	,304	,28780	-,2929	,8685
	EC-EOIC	7,113	13	,000	3,77150	2,6261	4,9170
	EC-EOIMF	4,349	13	,001	2,70302	1,3604	4,0456
	EC-EOICMF	4,812	13	,000	2,94929	1,6252	4,2734

Tabla 4.1.1.8 Prueba de muestra única. Muestra por grupo de edad.

Sexo	Patología	Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
				t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Mujer	Hipocrecimiento disarmónico	4 a 9,99	EC-EOGP	-,027	6	,979	-,01217	-,11135	1,0892
			EC-EOIC	,127	6	,903	,03972	-,7243	,8037
			EC-EOIMF	-1,105	6	,312	-,21653	-,6962	,2631
			EC-EOICMF	,096	6	,927	,01967	-,4842	,5235
		10 a 14,99	EC-EOGP	-,509	4	,638	-,38704	-2,4984	1,7243
			EC-EOIC	,877	4	,430	,31138	-,6743	1,2970
			EC-EOIMF	1,400	4	,234	,74750	-,7351	2,2301
			EC-EOICMF	1,201	4	,296	,52285	-,6858	1,7315
	Hipocrecimiento armónico	4 a 9,99	EC-EOGP	2,479	30	,019	,62454	,1101	1,1390
			EC-EOIC	2,618	30	,014	,75759	,1667	1,3485
			EC-EOIMF	1,052	30	,301	,26213	-,2467	,7709
			EC-EOICMF	2,222	30	,034	,59074	,0478	1,1337
		10 a 14,99	EC-EOGP	-,943	20	,357	-,34908	-1,1214	,4232
			EC-EOIC	1,322	20	,201	,54342	-,3142	1,4011
			EC-EOIMF	2,217	20	,038	,86470	,0513	1,6781
			EC-EOICMF	1,854	20	,079	,73822	-,0924	1,5689
		15 a 19,99	EC-EOGP	,662	5	,537	,33003	-,9512	1,6112
			EC-EOIC	4,618	5	,006	4,34649	1,9268	6,7662
			EC-EOIMF	4,248	5	,008	4,14882	1,6382	6,6595
			EC-EOICMF	4,372	5	,007	4,29400	1,7694	6,8186

Tabla 4.1.1.9 Prueba de muestra única. Muestra por sexo mujer, patología y grupo de edad. No se han calculado estadísticas para uno o más archivos segmentados.

Sexo	Patología	Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
				t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Varón	Hipocrecimiento disarmónico	4 a 9,99	EC-EOGP	1,512	10	,162	,46891	-,2221	1,1600
			EC-EOIC	6,749	10	,000	2,12647	1,4244	2,8285
			EC-EOIMF	,247	10	,810	,06675	-,5342	,6677
			EC-EOICMF	2,030	10	,070	,54739	-,0534	1,1482
		10 a 14,99	EC-EOGP	1,666	5	,157	,74044	-,4021	1,8829
			EC-EOIC	3,752	5	,013	2,29676	,7233	3,8702
			EC-EOIMF	2,751	5	,040	1,04968	,0690	2,0303
			EC-EOICMF	2,105	5	,089	1,05837	-,2338	2,3505
	Hipocrecimiento armónico	4 a 9,99	EC-EOGP	2,068	30	,047	,54658	,0067	1,0864
			EC-EOIC	8,252	30	,000	1,93506	1,4561	2,4140
			EC-EOIMF	-,196	30	,846	-,04672	-,5348	,4413
			EC-EOICMF	1,766	30	,088	,40078	-,0627	,8643
		10 a 14,99	EC-EOGP	-,114	25	,910	-,03629	-,6931	,6205
			EC-EOIC	4,825	25	,000	1,87081	1,0722	2,6694
			EC-EOIMF	1,895	25	,070	,65955	-,0573	1,3764
			EC-EOICMF	1,786	25	,086	,65453	-,1001	1,4092
		15 a 19,99	EC-EOGP	1,384	3	,260	,62872	-,8168	2,0743
			EC-EOIC	4,663	3	,019	4,11266	1,3057	6,9196
			EC-EOIMF	2,581	3	,082	2,43520	-,5672	5,4376
			EC-EOICMF	3,047	3	,056	2,76413	-,1229	5,6511

Tabla 4.1.1.10 Prueba de muestra única. Muestra por sexo varón, patología y grupo de edad. No se han calculado estadísticas para uno o más archivos segmentados.

Rho de Spearman		EC	EOGP	EOIC	EOIMF	EOICMF
EC	Coefficiente de correlación	1,000	,940**	,893**	,912**	,914**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,000
	N	173	173	173	173	173
EOGP	Coefficiente de correlación	,940**	1,000	,947**	,957**	,962**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000
	N	173	173	173	173	173
EOIC	Coefficiente de correlación	,893**	,947**	1,000	,960**	,976**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000
	N	173	173	173	173	173
EOIMF	Coefficiente de correlación	,912**	,957**	,960**	1,000	,994**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000
	N	173	173	173	173	173
EOICMF	Coefficiente de correlación	,914**	,962**	,976**	,994**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	.
	N	173	173	173	173	173

Tabla 4.1.1.11 Correlaciones no paramétricas. Muestra total \*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Grupos de edad				EC	EOGP	EOIC	EOIMF	EOICMF
4 a 9,99	Rho de Spearman	EC	Coefficiente de correlación	1,000	,847**	,799**	,804**	,834**
			Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,000
			N	94	94	94	94	94
		EOGP	Coefficiente de correlación	,847**	1,000	,906**	,911**	,941**
			Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000
			N	94	94	94	94	94
		EOIC	Coefficiente de correlación	,799**	,906**	1,000	,913**	,952**
			Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000
			N	94	94	94	94	94
		EOIMF	Coefficiente de correlación	,804**	,911**	,913**	1,000	,982**
			Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000
			N	94	94	94	94	94
		EOICMF	Coefficiente de correlación	,834**	,941**	,952**	,982**	1,000
			Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	.
			N	94	94	94	94	94
10 a 14,99	Rho de Spearman	EC	Coefficiente de correlación	1,000	,599**	,513**	,496**	,513**
			Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,000
			N	65	65	65	65	65
		EOGP	Coefficiente de correlación	,599**	1,000	,800**	,777**	,790**
			Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000
			N	65	65	65	65	65
		EOIC	Coefficiente de correlación	,513**	,800**	1,000	,856**	,902**
			Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000
			N	65	65	65	65	65
		EOIMF	Coefficiente de correlación	,496**	,777**	,856**	1,000	,976**
			Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000
			N	65	65	65	65	65
		EOICMF	Coefficiente de correlación	,513**	,790**	,902**	,976**	1,000
			Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	.
			N	65	65	65	65	65
15 a 19,99	Rho de Spearman	EC	Coefficiente de correlación	1,000	,823**	-,099	-,235	-,253
			Sig. (bilateral)	.	,000	,737	,418	,383
			N	14	14	14	14	14
		EOGP	Coefficiente de correlación	,823**	1,000	,012	-,097	-,135
			Sig. (bilateral)	,000	.	,968	,741	,645
			N	14	14	14	14	14
		EOIC	Coefficiente de correlación	-,099	,012	1,000	,802**	,833**
			Sig. (bilateral)	,737	,968	.	,001	,000
			N	14	14	14	14	14
		EOIMF	Coefficiente de correlación	-,235	-,097	,802**	1,000	,982**
			Sig. (bilateral)	,418	,741	,001	.	,000
			N	14	14	14	14	14
		EOICMF	Coefficiente de correlación	-,253	-,135	,833**	,982**	1,000
			Sig. (bilateral)	,383	,645	,000	,000	.
			N	14	14	14	14	14

Tabla 4.1.1.12 Correlaciones no paramétricas muestra por grupos de edad. \*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).\*\*



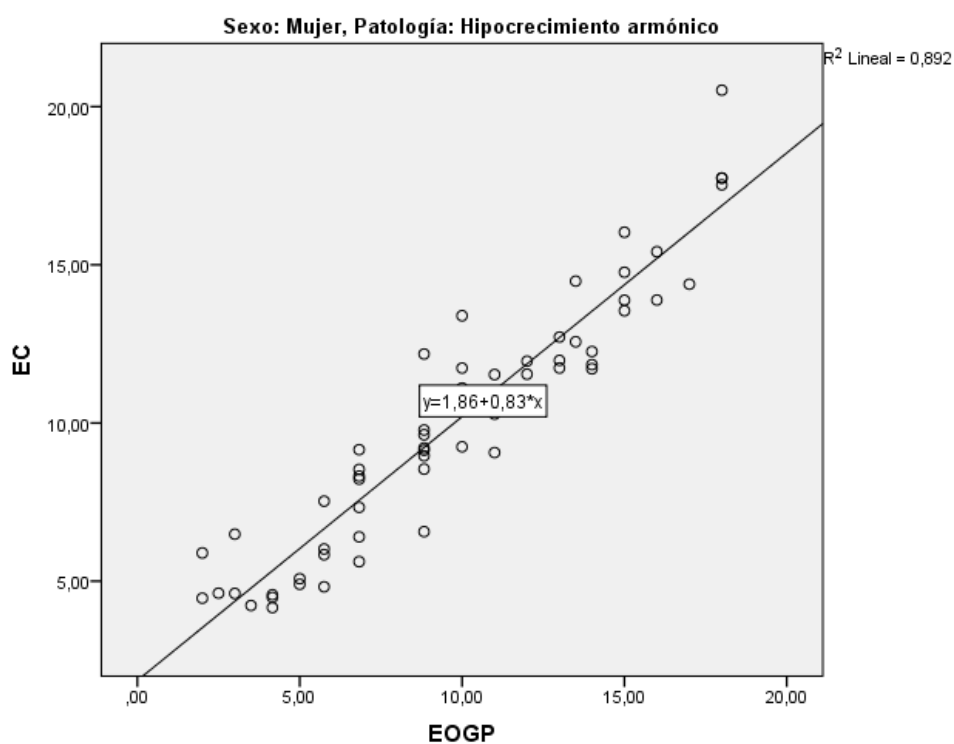
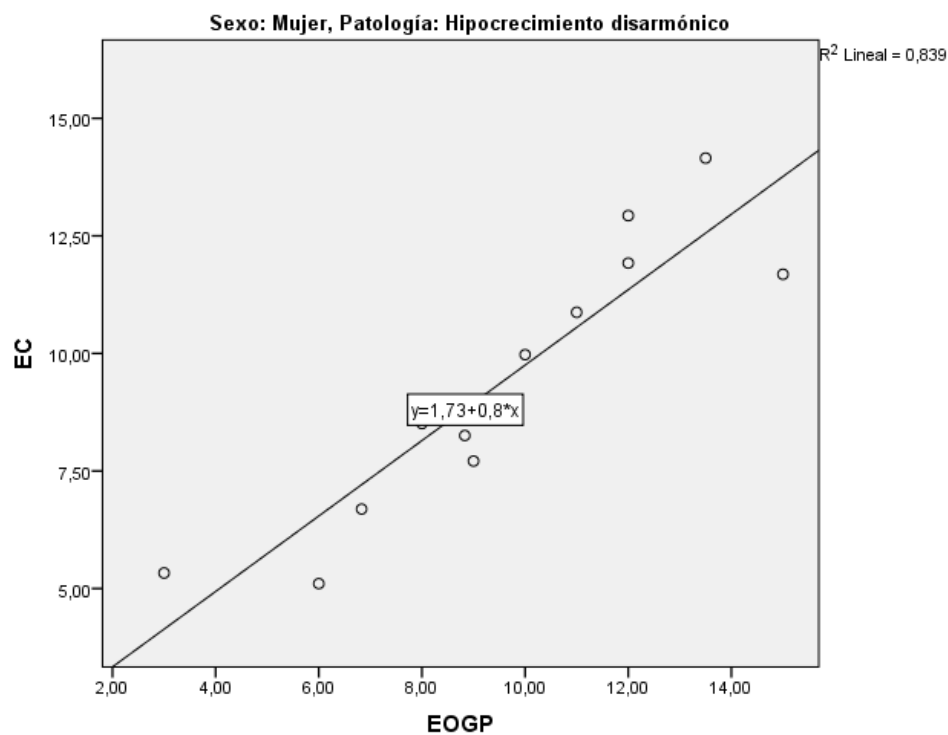


Gráfico 4.1.1.5 Pruebas de regresión lineal para inferir la edad cronológica, tomando la edad ósea obtenida por el método de GP como variable predictora para la muestra por sexo: mujer y patología.

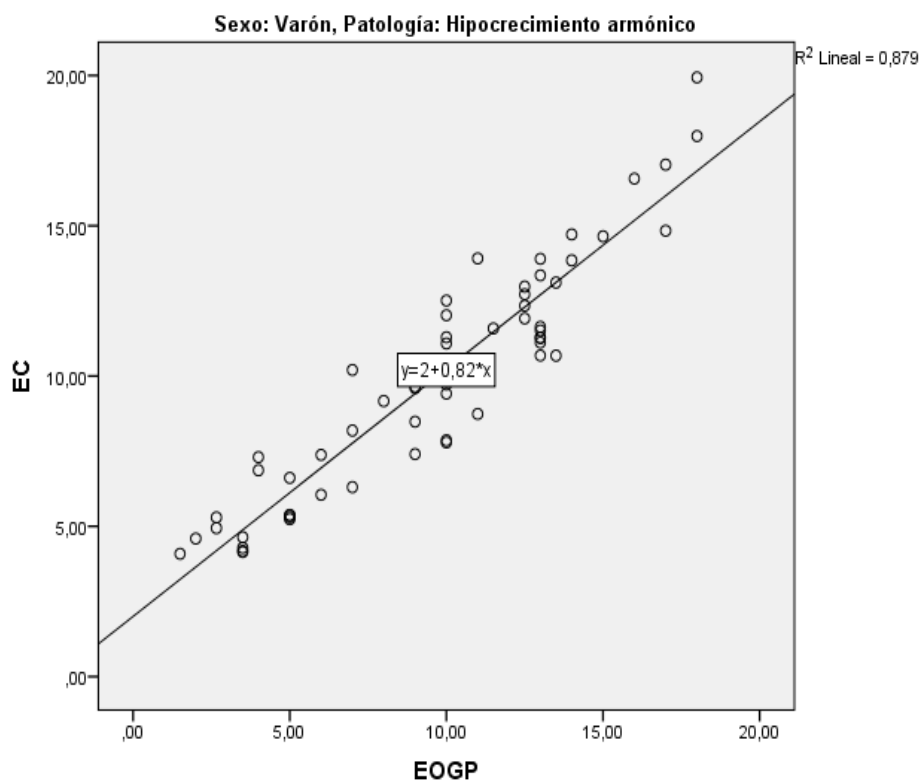
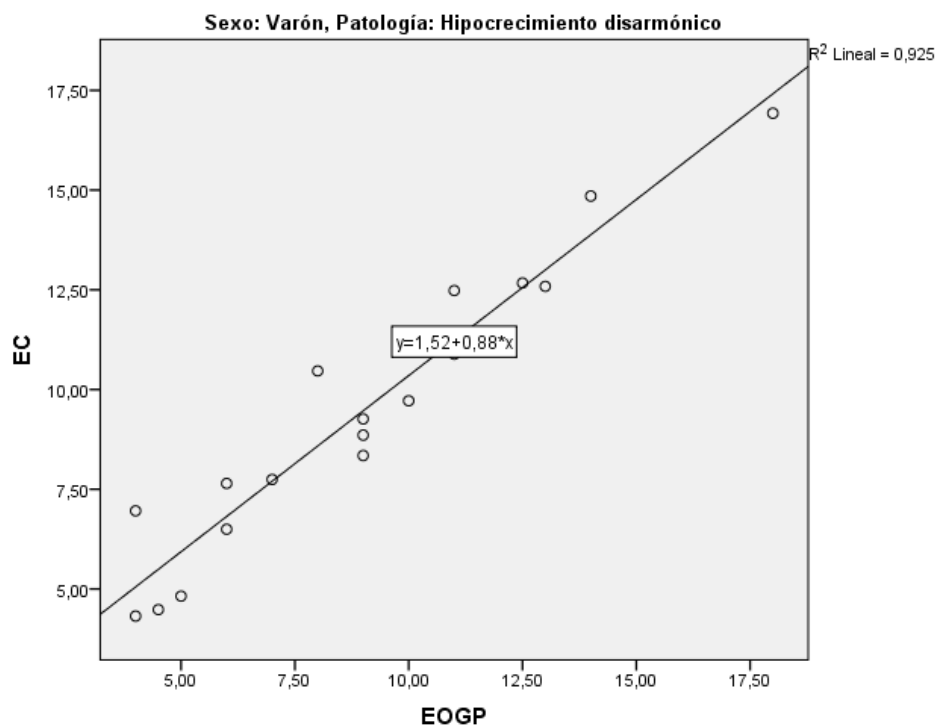


Gráfico 4.1.1.6 Pruebas de regresión lineal para inferir la edad cronológica, tomando la edad ósea obtenida por el método de GP como variable predictora para la muestra por sexo: varón y patología.

	Correlación intraclase	95% de intervalo de confianza		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	df1	df2	Sig
EC/EOGP	,932	,908	,949	29,087	172	172	,000
EC/EOIC	,814	,469	,913	15,173	172	172	,000
EC/EOIMF	,878	,826	,914	16,821	172	172	,000
EC/EOICMF	,877	,797	,921	17,928	172	172	,000
EOGP/EOIC	,897	,601	,957	30,879	172	172	,000
EOGP/EOIMF	,916	,888	,937	23,327	172	172	,000
EOGP/EOICMF	,931	,898	,953	31,118	172	172	,000
EOIC/EOIMF	,921	,648	,968	42,409	172	172	,000
EOIC/EOICMF	,957	,735	,984	87,469	172	172	,000
EOIMF/EOICMF	,990	,981	,994	229,690	172	172	,000

Tabla 4.1.1.13 Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) de tipo A (que utilizan una definición de acuerdo absoluto contempla como discrepante cualquier tipo de diferencia entre las valoraciones ya sea constante, proporcional o de otro tipo).

	N	Media diferencias	Desviación Estándar (DE)	Media Diferencias -2 DE	Media Diferencias +2 DE
EC-EOGP	173	,2648	1,45763	-2,64	3,17
EC-EOIC	173	1,4769	1,86219	-2,24	5,19
EC-EOIMF	173	,5289	1,66394	-2,79	3,84
EC-EOICMF	173	,7281	1,66379	-2,59	4,04

Tabla 4.1.1.14 Estadísticos descriptivos para aplicación del Método de Bland y Altman: media de las diferencias EC-EO, desviación estándar y media $\pm$ 2DE.

	mediaECEOGP	mediaECEOIC	mediaECEOIMF	mediaECEOICMF
Media	9,7489	9,1428	9,6168	9,5172
N	173	173	173	173
Desviación estándar	3,93064	3,62683	3,41220	3,52238

Tabla 4.1.1.15 Estadísticos descriptivos, Medias ECEO.

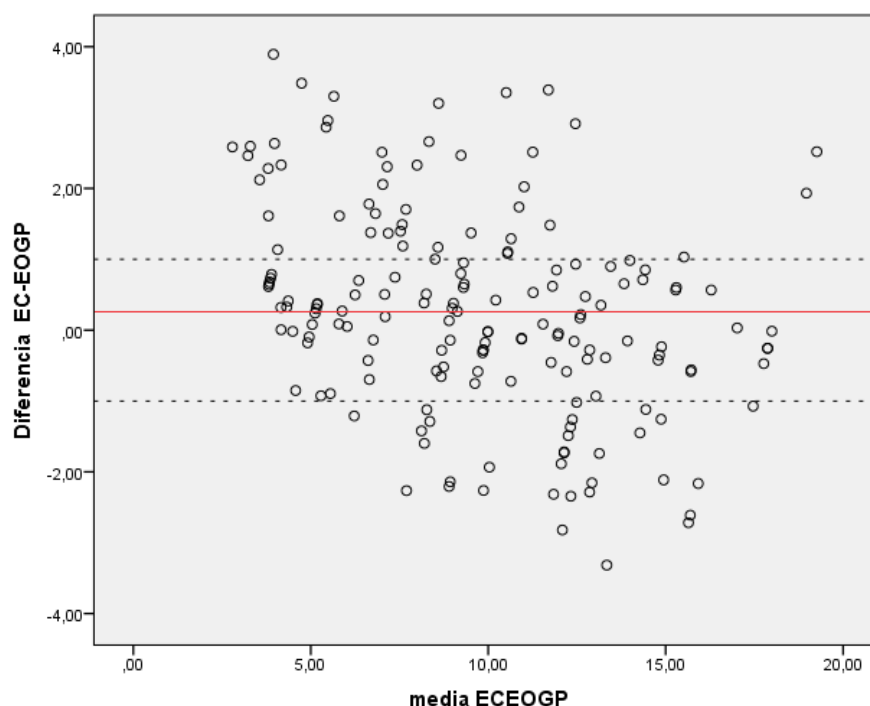


Gráfico 4.1.1.7 Método Bland-Altman. Representación gráfica, en un diagrama de dispersión de la media de las dos mediciones (EC/EOGP), como la mejor estimación del verdadero valor, frente a la diferencia absoluta entre los dos valores. Línea continua (media de las diferencias), discontinua (límite de concordancia preestablecido  $\pm 1$  año), no se han dibujado los límites de concordancia (diferencia media  $\pm 2$ DE), si bien constan en la tabla.

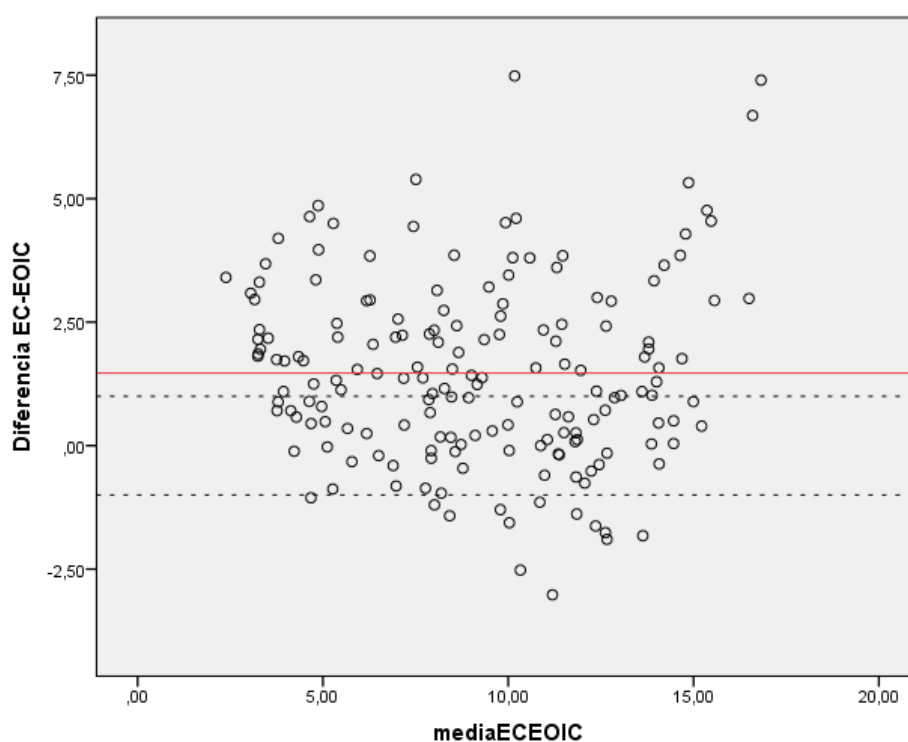


Gráfico 4.1.1.8 Método Bland-Altman. Representación gráfica, en un diagrama de dispersión de la media de las dos mediciones (EC/EOIC), como la mejor estimación del verdadero valor, frente a la diferencia absoluta entre los dos valores. Línea continua (media de las diferencias), discontinua (límite de concordancia preestablecido  $\pm 1$  año), no se han dibujado los límites de concordancia (diferencia media  $\pm 2$ DE), si bien constan en la tabla.

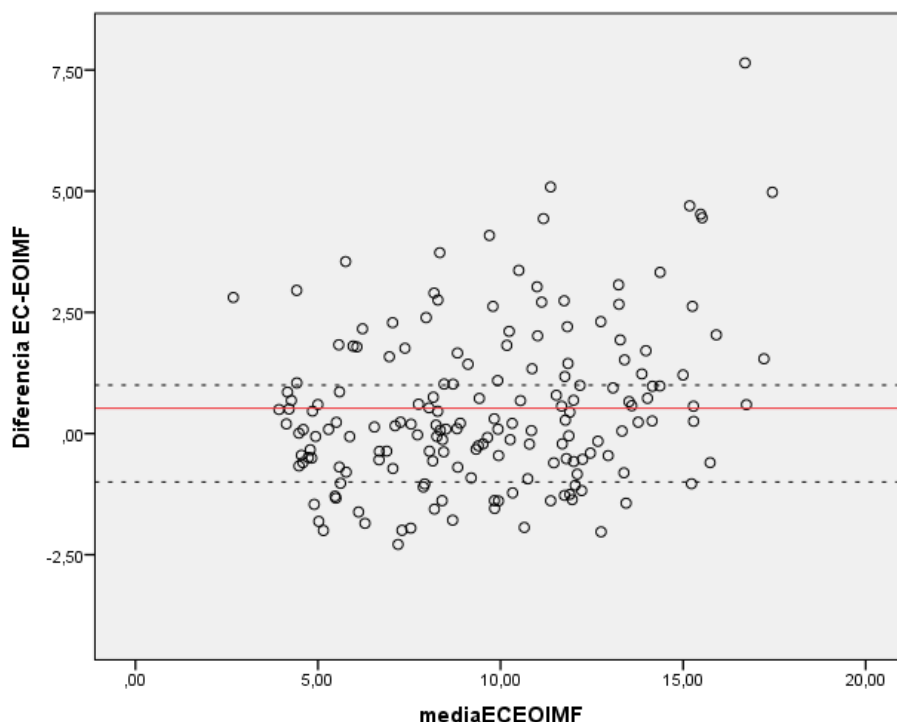


Gráfico 4.1.1.9 Método Bland-Altman. Representación gráfica, en un diagrama de dispersión de la media de las dos mediciones (EC/EOIMF), como la mejor estimación del verdadero valor, frente a la diferencia absoluta entre los dos valores. Línea continua (media de las diferencias), discontinua (límite de concordancia preestablecido  $\pm 1$  año), no se han dibujado los límites de concordancia (diferencia media  $\pm 2$ DE), si bien constan en la tabla.

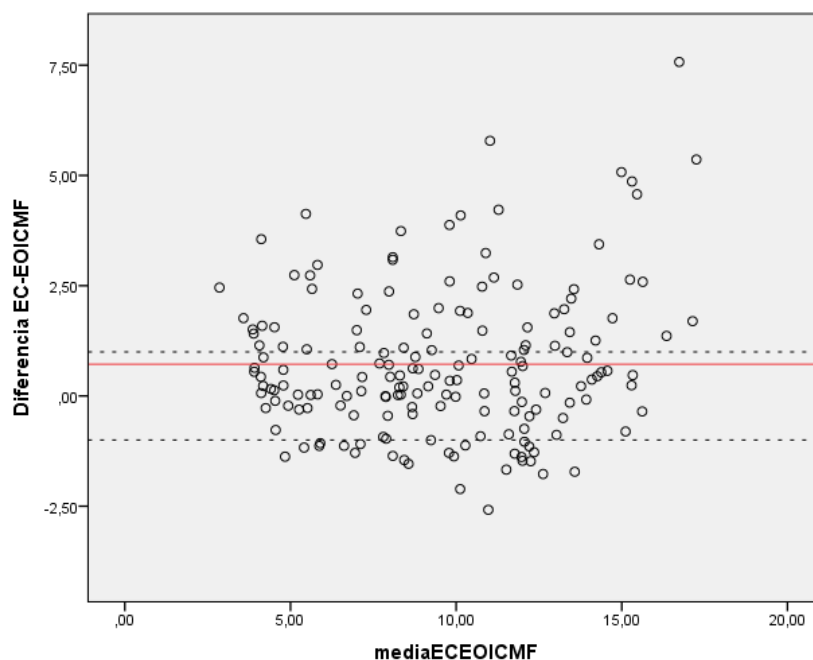


Gráfico 4.1.1.10 Método Bland-Altman. Representación gráfica, en un diagrama de dispersión de la media de las dos mediciones (EC/EOICMF), como la mejor estimación del verdadero valor, frente a la diferencia absoluta entre los dos valores. Línea continua (media de las diferencias), discontinua (límite de concordancia preestablecido  $\pm 1$  año), no se han dibujado los límites de concordancia (diferencia media  $\pm 2$ DE) si bien constan en la tabla.

#### 4.1.2 Estudio del ritmo madurativo en los hipoprecimientos. Estadística descriptiva e Inferencial.

			Relación EC EOGP					Total
			Muy adelantada	Adelantada	Acorde	Retrasada	Muy retrasada	
Patología	Hipoprecimiento disarmónico	Recuento	1	2	22	2	3	30
		% dentro de Patología	3,3%	6,7%	73,3%	6,7%	10,0%	100,0%
		% del total	0,7%	1,3%	14,8%	1,3%	2,0%	20,1%
	Hipoprecimiento armónico	Recuento	11	13	61	16	18	119
		% dentro de Patología	9,2%	10,9%	51,3%	13,4%	15,1%	100,0%
		% del total	7,4%	8,7%	40,9%	10,7%	12,1%	79,9%
Total	Recuento	12	15	83	18	21	149	
	% dentro de Patología	8,1%	10,1%	55,7%	12,1%	14,1%	100,0%	
	% del total	8,1%	10,1%	55,7%	12,1%	14,1%	100,0%	

Tabla 4.1.2.1 A Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Greulich-Pyle.

			Relación EC EOGP			Total
			Adelantada	Acorde	Retrasada	
Patología	Hipocrecimiento disarmónico	Recuento	3	22	5	30
		% del total	2,0%	14,8%	3,4%	20,1%
	Hipocrecimiento armónico	Recuento	24 <sub>a</sub>	61	34	119
		% del total	16,1%	40,9%	22,8%	79,9%
Total		Recuento	27	83	39	149
		% del total	18,1%	55,7%	26,2%	100,0%

Tabla 4.1.2.1B Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Greulich-Pyle.

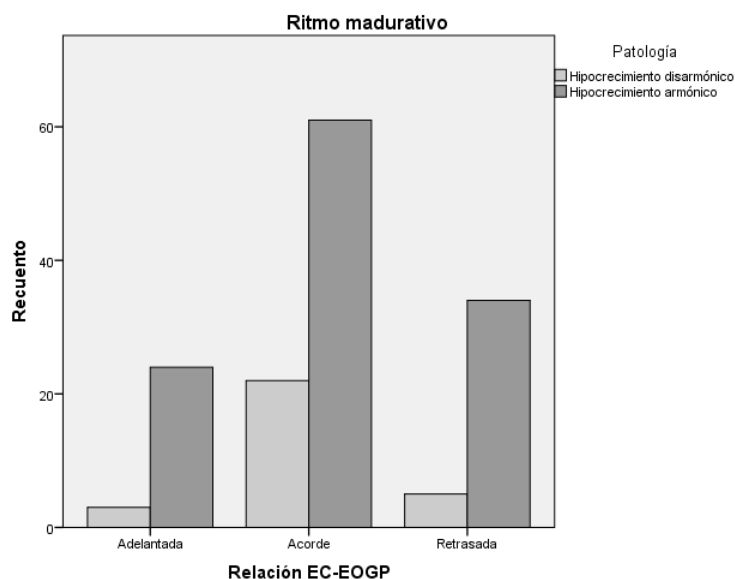


Gráfico 4.1.2.1 Gráfico de barras. Ritmo madurativo (método GP).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	4,760 <sup>a</sup>	2	,093
Razón de verosimilitud	4,970	2	,083
Asociación lineal por lineal	,016	1	,898
N de casos válidos	149		

Prueba de chi cuadrado EOGP a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 5,44.

	Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	Aprox. S <sup>b</sup>	Aprox. Sig.
Medida de acuerdo Kappa	-,100	,045	-2,042	,041
N de casos válidos	149			

a. No se supone la hipótesis nula. b. Utilización del error estándar asintótico que asume la hipótesis nula.

			Relación EC EO_IC					Total
			Muy adelantada	Adelantada	Acorde	Retrasada	Muy retrasada	
Patología	Hipocrecimiento disarmónico	Recuento	0	0	10	10	10	30
		% dentro de Patología	0,0%	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%	100,0%
		% del total	0,0%	0,0%	6,7%	6,7%	6,7%	20,1%
	Hipocrecimiento armónico	Recuento	1	7	47	19	45	119
		% dentro de Patología	0,8%	5,9%	39,5%	16,0%	37,8%	100,0%
		% del total	0,7%	4,7%	31,5%	12,8%	30,2%	79,9%
Total		Recuento	1	7	57	29	55	149
		% dentro de Patología	0,7%	4,7%	38,3%	19,5%	36,9%	100,0%
		% del total	0,7%	4,7%	38,3%	19,5%	36,9%	100,0%

Tabla 4.1.2.2 A Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Ebrí IC.

			Relación EC EOIC			Total
			Adelantada	Acorde	Retrasada	
Patología	Hipocrecimiento disarmónico	Recuento	0	10	20	30
		% del total	0,0%	6,7%	13,4%	20,1%
	Hipocrecimiento armónico	Recuento	8	47	64	119
		% del total	5,4%	31,5%	43,0%	79,9%
Total		Recuento	8	57	84	149
		% del total	5,4%	38,3%	56,4%	100,0%

Tabla 4.1.2.2 B Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Ebrí IC.

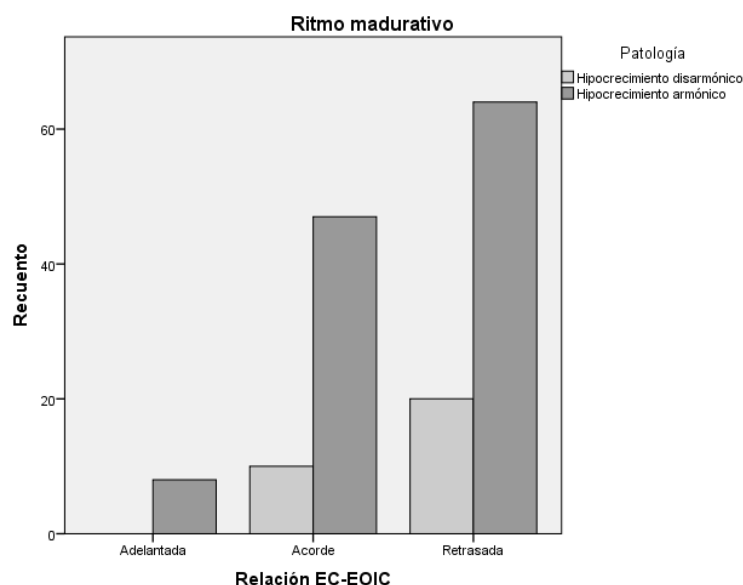


Gráfico 4.1.2.2 Gráfico de barras. Ritmo madurativo (método IC).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	2,960 <sup>a</sup>	2	,228
Razón de verosimilitud	4,520	2	,104
Asociación lineal por lineal	2,561	1	,110
N de casos válidos	149		

Prueba de chi cuadrado EOIC a.1 casillas (16,7%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,61.

	Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	Aprox. S <sup>b</sup>	Aprox. Sig.
Medida de acuerdo Kappa	-,001	,024	-,048	,962
N de casos válidos	149			

a. No se supone la hipótesis nula. b. Utilización del error estándar asintótico que asume la hipótesis nula

			Relación EC EO_IMF					Total
			Muy adelantada	Adelantada	Acorde	Retrasada	Muy retrasada	
Patología	Hipoprecimiento disarmónico	Recuento	0	2	21	4	3	30
		% dentro de Patología	0,0%	6,7%	70,0%	13,3%	10,0%	100,0%
		% del total	0,0%	1,3%	14,1%	2,7%	2,0%	20,1%
	Hipoprecimiento armónico	Recuento	2	21	57	13	26	119
		% dentro de Patología	1,7%	17,6%	47,9%	10,9%	21,8%	100,0%
		% del total	1,3%	14,1%	38,3%	8,7%	17,4%	79,9%
Total	Recuento	2	23	78	17	29	149	
	% dentro de Patología	1,3%	15,4%	52,3%	11,4%	19,5%	100,0%	
	% del total	1,3%	15,4%	52,3%	11,4%	19,5%	100,0%	

Tabla 4.1.2.3 A Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Ebrí MF.



Patología			Relación EC EOIMF			Total
			Adelantada	Acorde	Retrasada	
			2 1,3%	21 14,1%	7 4,7%	30 20,1%
	Hipocrecimiento disarmónico	Recuento	23	57	39	119
		% del total	15,4%	38,3%	26,2%	79,9%
	Hipocrecimiento armónico	Recuento	25	78	46	149
		% del total	16,8%	52,3%	30,9%	100,0%
Total		Recuento	25	78	46	149
		% del total	16,8%	52,3%	30,9%	100,0%

Tabla 4.1.2.3 B Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Ebrí MF.

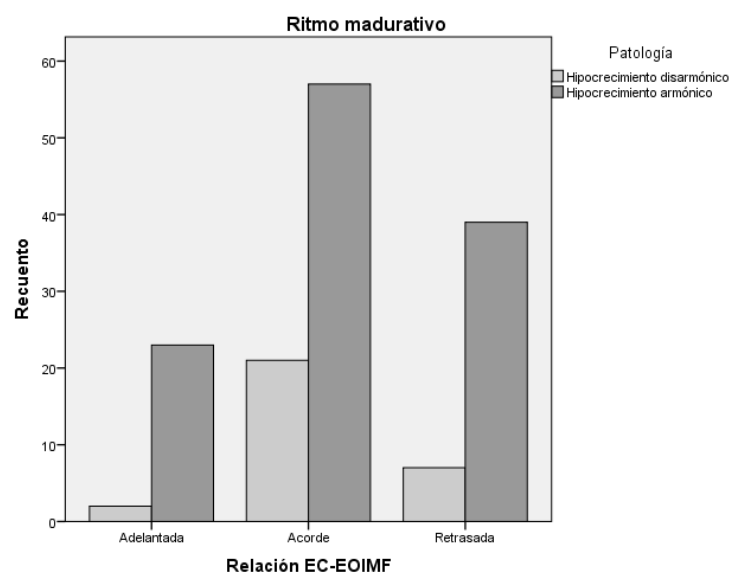


Gráfico 4.1.2.3 Gráfico de barras. Ritmo madurativo (método IMF).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	5,216 <sup>a</sup>	2	,074
Razón de verosimilitud	5,631	2	,060
Asociación lineal por lineal	,054	1	,816
N de casos válidos	149		

Prueba de chi cuadrado EOIMF

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 5,03.

	Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	Aprox. S <sup>b</sup>	Aprox. Sig.
MEdida de acuerdo Kappa	-,102	,040	-2,264	,024
N de casos válidos	149			

a. No se supone la hipótesis nula. b. Utilización del error estándar asintótico que asume la hipótesis nula.

			Relación EC EO_ICMF					Total
			Muy adelantada	Adelantada	Acorde	Retrasada	Muy retrasada	
Patología	Hipocrecimiento disarmónico	Recuento	0	0	20	7	3	30
		% dentro de Patología	0,0%	0,0%	66,7%	23,3%	10,0%	100,0%
		% del total	0,0%	0,0%	13,4%	4,7%	2,0%	20,1%
	Hipocrecimiento armónico	Recuento	1	21	51	20	26	119
		% dentro de Patología	0,8%	17,6%	42,9%	16,8%	21,8%	100,0%
		% del total	0,7%	14,1%	34,2%	13,4%	17,4%	79,9%
	Total	Recuento	1	21	71	27	29	149
% dentro de Patología		0,7%	14,1%	47,7%	18,1%	19,5%	100,0%	
% del total		0,7%	14,1%	47,7%	18,1%	19,5%	100,0%	

Tabla 4.1.2.4 A Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Ebrí ICMF.

			Relación EC EO_ICMF			Total
			Adelantada	Acorde	Retrasada	
Patología	Hipocrecimiento disarmónico	Recuento	0	20	10	30
		% del total	0,0%	13,4%	6,7%	20,1%
	Hipocrecimiento armónico	Recuento	22	51	46	119
		% del total	14,8%	34,2%	30,9%	79,9%
Total		Recuento	22	71	56	149
		% del total	14,8%	47,7%	37,6%	100,0%

Tabla 4.1.2.4 B Tabla cruzada Maduración ósea versus patología, estimando la EO según el Método de Ebrí ICMF.

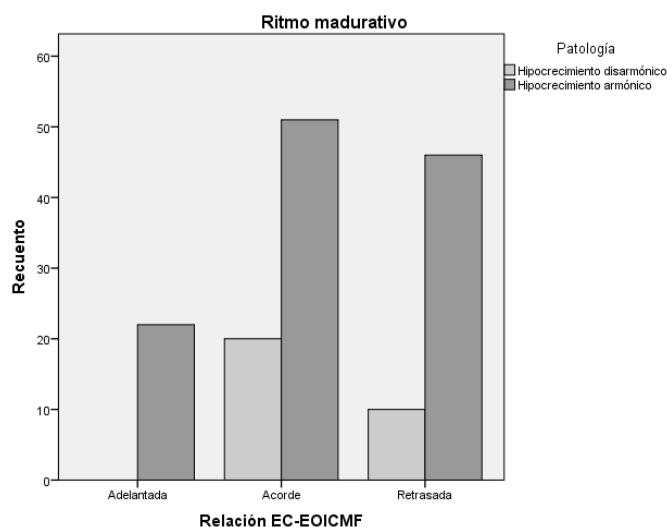


Gráfico 4.1.2.4 Gráfico de barras. Ritmo madurativo (método ICMF).

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	8,577 <sup>a</sup>	2	,014
Razón de verosimilitud	12,695	2	,002
Asociación lineal por lineal	,875	1	,350
N de casos válidos	149		

Prueba de chi cuadrado EOICMF a. 1 casillas (16,7%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 4,43.

	Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	Aprox. S <sup>b</sup>	Aprox. Sig.
Medida de acuerdo Kappa	-,115	,033	-2,882	,004
N de casos válidos	149			

a. No se supone la hipótesis nula. b. Utilización del error estándar asintótico que asume la hipótesis nula.

## 4.2 Resultados Muestra 2. Estudio de simetría bilateral.

### 4.2.1 Comparación de la presencia o ausencia de los núcleos de osificación en ambas manos.

Izquierda	grande	ganchoso	piramidal	pisiforme	semilunar	escafoides	trapecio	trapezoide	Epi_1_meta	Cubito	Radio
N	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Mínimo	8,7	7,00	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	6,9

Tabla 4.2.1.1 Distribución de casos en los que los núcleos de osificación del carpo, epífisis del 1<sup>er</sup> meta y epífisis distales de cúbito y radio de mano izquierda están ausentes (longitud mínima=0mm).

Derecha	grande	ganchoso	piramidal	pisiforme	semilunar	escafoides	trapecio	trapezoide	Epi_1_meta	Cubito	Radio
N	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Mínimo	7,5	8,1	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	6,7

Tabla 4.2.1.2 Distribución de casos en los que los núcleos de osificación del carpo, epífisis del 1<sup>er</sup> meta y epífisis distales de cúbito y radio de mano derecha están ausentes (longitud mínima=0mm).

Izquierda	FD1	FP1	FD3	FM3	FP3	cabezameta3	FD5	FM5	FP5	cabezameta5
N	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Mínimo	2,6	,0	2,0	4,8	6,6	5,7	,0	,0	2,9	3,8

Tabla 4.2.1.3 Distribución de casos en los que las epífisis de los dedos 3°, 5°, cabeza 3<sup>er</sup> y 5° meta y epífisis de las falanges del 1<sup>er</sup> meta de mano izquierda están ausentes (longitud mínima=0mm). FD (falange distal), FM (falange media), FP (falange proximal).

Derecha	FD1	FP1	FD3	FM3	FP3	cabezameta3	FD5	FM5	FP5	cabezameta5
N	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Mínimo	3,20	,0	2,4	4,8	5,9	5,8	1,2	,0	3,3	3,8

Tabla 4.2.1.4 Distribución de casos en los que las epífisis de los dedos 3°, 5°, cabeza 3<sup>er</sup> y 5° metas y epífisis de las falanges del 1<sup>er</sup> meta de mano derecha están ausentes (longitud mínima=0mm). FD (falange distal), FM (falange media), FP (falange proximal).

			Piramidal Derecho		Total
			No presente	Presente	
Piramidal Izquierdo	No presente	Recuento	4	0	4
		% del total	2,6%	0,0%	2,6%
	Presente	Recuento	0	150	150
		% del total	0,0%	97,4%	97,4%
Total		Recuento	4	150	154
		% del total	2,6%	97,4%	100,0%

Tabla 4.2.1.5 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: piramidal. Muestra global

			Pisiforme Derecho		Total
			No presente	Presente	
Pisiforme Izquierdo	No presente	Recuento	68	2	70
		% del total	44,2%	1,3%	45,5%
	Presente	Recuento	4	80	84
		% del total	2,6%	51,9%	54,5%
Total		Recuento	72	82	154
		% del total	46,8%	53,2%	100,0%

Tabla 4.2.1.6 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: pisiforme. Muestra global

			Semilunar Derecho		Total
			No presente	Presente	
Semilunar Izquierdo	No presente	Recuento	8	0	8
		% del total	5,2%	0,0%	5,2%
	presente	Recuento	3	143	146
		% del total	1,9%	92,9%	94,8%
Total		Recuento	11	143	154
		% del total	7,1%	92,9%	100,0%

Tabla 4.2.1.7 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: semilunar. Muestra global

			Escafoides Derecho		Total
			No presente	Presente	
Escafoides Izquierdo	No presente	Recuento	20	1	21
		% del total	13,0%	0,6%	13,6%
	presente	Recuento	3	130	133
		% del total	1,9%	84,4%	86,4%
Total		Recuento	23	131	154
		% del total	14,9%	85,1%	100,0%

Tabla 4.2.1.8 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: escafoides. Muestra global

			Trapezio Derecho		Total
			No presente	Presente	
Trapezio Izquierdo	No presente	Recuento % del total	15 9,7%	0 0,0%	15 9,7%
	Presente	Recuento % del total	4 2,6%	135 87,7%	139 90,3%
Total		Recuento	19	135	154
		% del total	12,3%	87,7%	100,0%

Tabla 4.2.1.9 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: trapezio. Muestra global

			Trapezoide Derecho		Total
			No presente	Presente	
Trapezoide Izquierdo	No presente	Recuento % del total	15 9,7%	2 1,3%	17 11,0%
	Presente	Recuento % del total	1 0,6%	136 88,3%	137 89,0%
Total		Recuento	16	138	154
		% del total	10,4%	89,6%	100,0%

Tabla 4.2.1.10 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: trapezoide. Muestra global

			Cubito Derecho		Total
			No presente	Presente	
Cubito izquierdo	No presente	Recuento % del total	28 18,2%	2 1,3%	30 19,5%
	Presente	Recuento % del total	2 1,3%	122 79,2%	124 80,5%
Total		Recuento	30	124	154
		% del total	19,5%	80,5%	100,0%

Tabla 4.2.1.11 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: cúbito. Muestra global

			Epifisis_1_meta derecho		Total
			No presente	Presente	
Epifisis_1_meta izquierdo	,00	Recuento % del total	2 1,3%	1 0,6%	3 1,9%
	1,00	Recuento % del total	2 1,3%	149 96,8%	151 98,1%
Total		Recuento	4	150	154
		% del total	2,6%	97,4%	100,0%

Tabla 4.2.1.12 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: epífisis 1<sup>er</sup> meta. Muestra global

			Fal_distal_5 derecho	Total
			Presente	
Fal_distal_5 izquierdo	No presente	Recuento % del total	1 0,6%	1 0,6%
	Presente	Recuento % del total	153 99,4%	153 99,4%
Total		Recuento % del total	154 100,0%	154 100,0%

Tabla 4.2.1.13 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: falange distal 5° dedo. Muestra global

			Fal_media_5derecho		Total
			No presente	Presente	
Fal_media_5izquierdo	No presente	Recuento % del total	1 0,6%	0 0,0%	1 0,6%
	Presente	Recuento % del total	0 0,0%	153 99,4%	153 99,4%
Total		Recuento % del total	1 0,6%	153 99,4%	154 100,0%

Tabla 4.2.1.14 Recuento y porcentaje del presencia/no presencia de los núcleos de osificación: falange media 5° dedo. Muestra global

Hueso (data aparición Krogman)(101)	Simetría	Acuerdo observado	Asimetría Muestra global	índice Kappa (κ)	Prueba exacta Fisher bilateral	Asimetría Muestra por Sexos	Asimetría Muestra por Patología	Asimetría Muestra por grupo de edad
MUÑECA								
Piramidal ♂ 10m ♀ 10m	97,4% Presentes 2,6% Ausentes	100%	0%	1	p=0,000	0%	0%	0%
Pisiforme ♂ 9,1a ♀ 7,1 a	51,9% P 44,2% A	96%	2,6% i 1,3% d	0,922	p=0,000	♂ 3,7% ♀ 4,1%	HD 0% HA 4,7% H 0% NC 5,6%	4-9a 5,9% (3i, 1d) 10-14a 3,2% (1i, 1d)
Semilunar ♂ 2a ♀ 2 a	92,9% P 5,2% A	98%	1,9% i 0% d	0,832	p=0,000	♂ 1,2% ♀ 2,7%	HD 0% HA 2,8% H 0% NC 0%	4-9a 4,1% (3i, 0d)
Escafoides ♂ 4a 4m ♀ 3a 2m	84,4% P 13% A	97%	1,9% i 0,6% d	0,894	p=0,000	♂ 3,7% ♀ 1,4%	HD 0% HA 3,7% H 0% NC 0%	4-9a 4,1% (2i, 1d) 10-14a 1,6% (1i, 0d)
Trapezio ♂ 4a 2m ♀ 2a 8m	87,7% P 9,7% A	97%	2,6% i 0% d	0,868	p=0,000	♂ 4,9% ♀ 0%	HD 7,7% HA 1,9% H 0% NC 0%	4-9a 5,4% (4i, 0d)
Trapezoide ♂ 4a 8m ♀ 3a	88,3% P 9,7% A	98%	0,6% i 1,3% d	0,898	p=0,000	♂ 3,7% ♀ 0%	HD 7,6% HA 0% H 0% NC 5,6%	4-9a 4,1% (1i, 2d)
MANO								
Epífisis 1 <sup>er</sup> meta ♂ 22m ♀ 14m	96,8% P 1,3% A	98%	1,3% i 0,6% d	0,562	p=0,002	♂ 2,4% ♀ 1,4%	HD 0% HA 2,8% H 0% NC 0%	4-9a 4,1% (2i, 1d)
Falange distal 5 ♂ 15m ♀ 11m	99,4% P 0% A	99%	0% i 0,6% d	cte	p=0,000	♂ 1,2% ♀ 0%	HD 0% HA 0,9% H 0% NC 0%	4-9a 1,4% (0i, 1d)
Falange media 5 ♂ 2a ♀ 15m	99,4% P 0,6% A	100%	0%	1	p=0,006	0%	0%	0%
Cúbito ♂ 5,2a ♀ 4a 6m	79,2% P 28% A	97%	1,3% i 1,3% d	0,917	p=0,000	♂ 5% ♀ 0%	HD 0% HA 3,8% H 0% NC 0%	4-9a 5,4% (2i, 2d)

Tabla 4.2.1.15 Valoración de la simetría en función de la presencia/no presencia de los núcleos de osificación, en la muestra global, por sexo, patología y grupos de edad. Simetría: ambos presentes (P) ó ambos ausentes (A). Asimetría: presente sólo en una mano, izquierda (i) ó derecha (d) y ausente en la otra.

## 4.2.2 Comparación del diámetro máximo de los núcleos de osificación en ambas muñecas y manos.

### 4.2.2.1 Huesos del carpo.

#### Muestra global

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Mediana
grande_i	154	8,7	27,3	18,57	4,33	18,75
grande_d	154	7,5	30,1	18,60	4,45	18,70
ganchoso_i	154	7,00	25,70	15,82	4,25	15,50
ganchoso_d	154	8,1	25,9	15,87	4,26	15,40
piramidal_i	154	,0	20,4	11,32	3,81	11,75
piramidal_d	154	,0	19,3	11,36	3,88	11,85
pisiforme_i	154	,0	15,8	4,85	4,98	4,20
pisiforme_d	154	,0	15,40	4,77	4,96	4,25
semilunar_i	154	,0	21,5	11,38	5,25	12,20
semilunar_d	154	,0	22,3	11,19	5,36	11,65
escafoides_i	154	,0	26,5	11,98	7,08	12,35
escafoides_d	154	,0	26,5	11,71	7,11	12,35
trapezio_i	154	,0	21,5	10,80	5,52	11,20
trapezio_d	154	,0	22,7	10,69	5,66	11,15
trapezoide_i	154	,0	15,1	8,37	4,09	9,20
trapezoide_d	154	,0	15,8	8,26	4,03	9,200

Tabla 4.2.2.1.1 Medidas estadísticas de distribución de longitud máxima de huesos del carpo (en mm) de ambas manos en la muestra global.

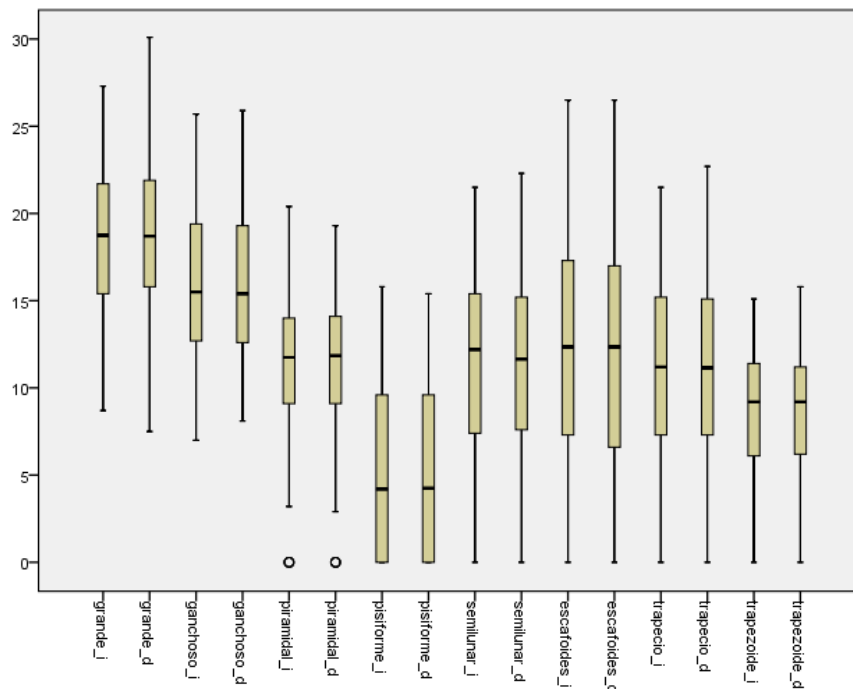


Gráfico 4.2.2.1.1 Diagramas de cajas de distribución de las longitudes de los huesos del carpo (mm) de ambas manos en la muestra global.



	dif_ grande	dif_ ganchoso	dif_ piramidal	dif_ pisiforme	dif_ semilunar	dif_ escafoides	dif_ trapecio	dif_ trapezoide
N	154	154	150	80	143	130	135	136
Mínimo	-4,10	-4,70	-4,60	-4,30	-4,30	-3,70	-4,00	-3,20
Máximo	3,10	2,80	5,70	3,40	5,60	5,40	3,20	5,20
Media	-,02	-,05	-,04	,11	,15	,25	,03	,12
Desviación estándar	,92	,85	1,02	1,45	1,29	1,43	1,25	1,16
Mediana	,00	-,10	,00	,20	,10	,20	,10	,1000

Tabla 4.2.2.1.2 Medidas estadísticas de distribución de las diferencias de longitud máxima de los huesos del carpo entre mano izquierda y derecha, en la muestra global.

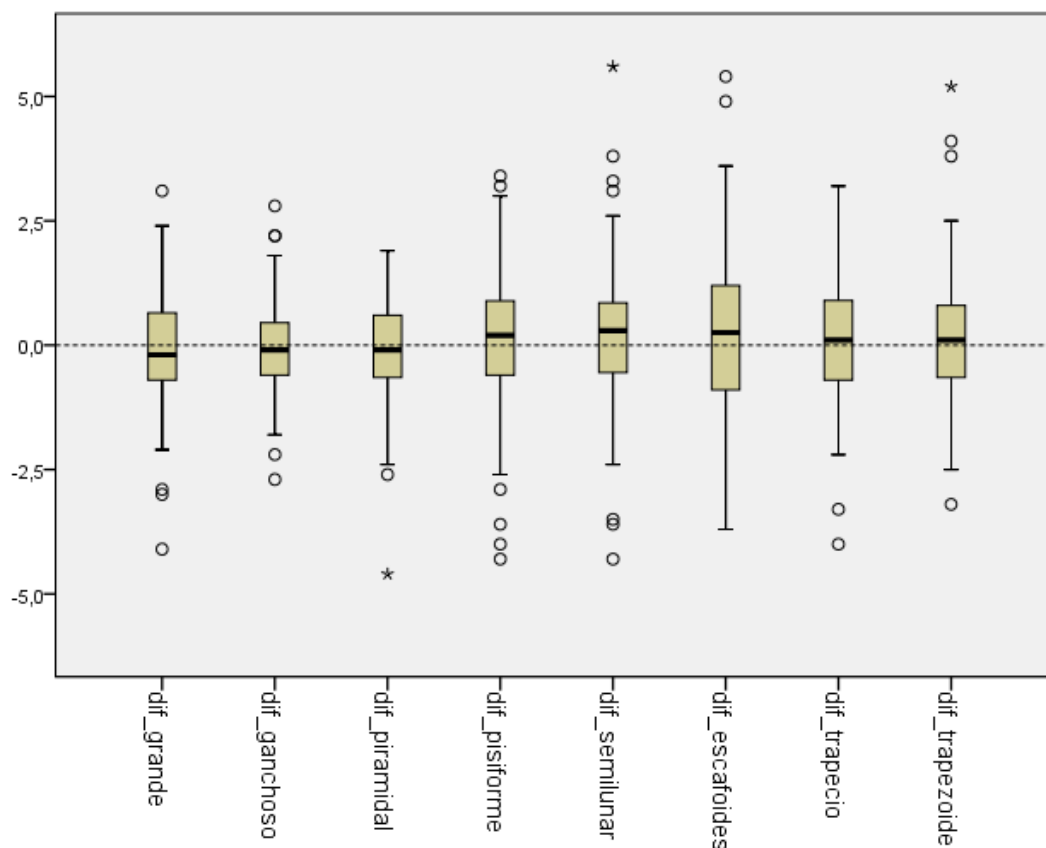


Gráfico 4.2.2.1.2 Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre mano izquierda y la derecha, en la muestra global.

### Muestra por sexo

	Sexo											
	Mujer						Varón					
	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	Mediana	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	Mediana
grande_i	73	18,312	8,7	26,0	4,1751	18,600	81	18,812	10,3	27,3	4,4813	19,000
grande_d	73	18,207	7,5	26,4	4,2271	18,400	81	18,956	9,9	30,1	4,6531	19,300
ganchoso_i	73	15,8178	8,50	23,50	3,96888	16,7000	81	15,8290	7,00	25,70	4,52527	14,8000
ganchoso_d	73	15,678	8,1	21,8	3,9417	15,900	81	16,059	8,6	25,9	4,5599	15,300
piramidal_i	73	11,429	,0	17,9	3,4754	12,200	81	11,237	,0	20,4	4,1167	11,500
piramidal_d	73	11,427	,0	17,7	3,5574	12,100	81	11,315	,0	19,3	4,1878	11,300
pisiforme_i	73	5,658	,0	12,9	4,8477	6,700	81	4,136	,0	15,8	5,0242	,000
pisiforme_d	73	5,2605	,00	13,40	4,78887	6,3000	81	4,3296	,00	15,40	5,11660	,0000
semilunar_i	73	11,768	,0	20,9	4,8645	12,800	81	11,047	,0	21,5	5,5891	11,500
semilunar_d	73	11,352	,0	19,6	4,9071	12,000	81	11,054	,0	22,3	5,7752	11,600
escafoides_i	73	12,353	,0	23,1	6,2552	13,500	81	11,657	,0	26,5	7,7845	11,300
escafoides_d	73	12,199	,0	24,0	6,1862	13,200	81	11,288	,0	26,5	7,8700	10,900
trapecio_i	73	11,363	,0	19,6	4,9303	12,800	81	10,304	,0	21,5	6,0040	10,300
trapecio_d	73	11,311	,0	19,0	4,8666	11,900	81	10,141	,0	22,7	6,2766	10,600
trapezoide_i	73	8,738	,0	15,0	3,5454	9,300	81	8,041	,0	15,1	4,5381	8,800
trapezoide_d	73	8,690	,0	14,7	3,5547	9,400	81	7,883	,0	15,8	4,4107	8,900

Tabla 4.2.2.1.3 Medidas estadísticas de distribución de longitud máxima de huesos del carpo (en mm) de ambas manos en la muestra por sexo.

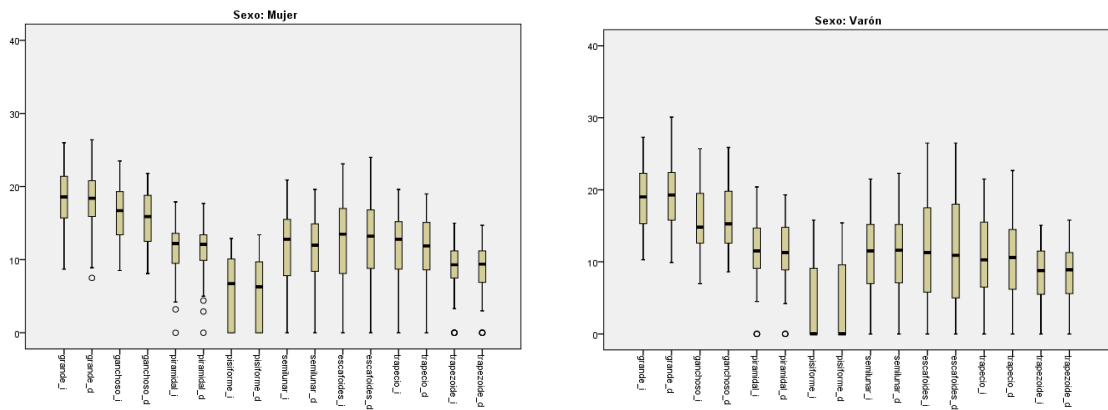


Gráfico 4.2.2.1.3 Diagramas de cajas de distribución de las longitudes de los huesos del carpo (mm) de ambas manos en la muestra por sexo.

Sexo		dif_grande	dif_ganchoso	dif_piramidal	dif_pisiforme	dif_semilunar	dif_escafoides	dif_trapecio	dif_trapezoide
Mujer	N	73	73	72	43	69	65	68	68
	Mínimo	-2,90	-2,20	-4,60	-1,90	-2,40	-3,00	-4,00	-2,00
	Máximo	3,10	2,80	1,80	3,20	3,80	5,40	3,20	4,10
	Media	,1055	,1397	,0014	,4484	,3768	,1323	,0559	,0515
	DE	,93391	,79613	,94504	1,10636	1,17212	1,35198	1,22516	,97987
	Mediana	,1000	,1000	,1000	,4000	,3000	,1000	,1000	,0500
Varón	N	81	81	78	37	74	65	67	68
	Mínimo	-4,10	-4,70	-2,90	-4,30	-4,30	-3,70	-3,80	-3,20
	Máximo	1,80	1,80	5,70	3,40	5,60	4,90	3,10	5,20
	Media	-,1432	-,2302	-,0808	-,2676	-,0473	,3677	,0060	,2044
	DE	,90263	,88210	1,10701	1,72112	1,37733	1,51895	1,29379	1,32061
	Mediana	-,1000	-,2000	-,2000	,1000	-,1500	,2000	-,1000	,1500

Tabla 4.2.2.1.4 Medidas estadísticas de distribución de longitud máxima de huesos del carpo (en mm) de ambas manos en la muestra por sexo.

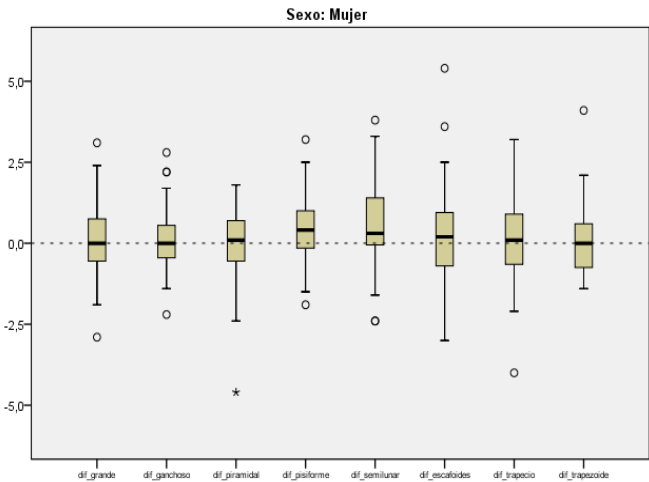


Gráfico 4.2.2.1.4A Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre la mano izquierda y la derecha, en la muestra por sexo: mujer.

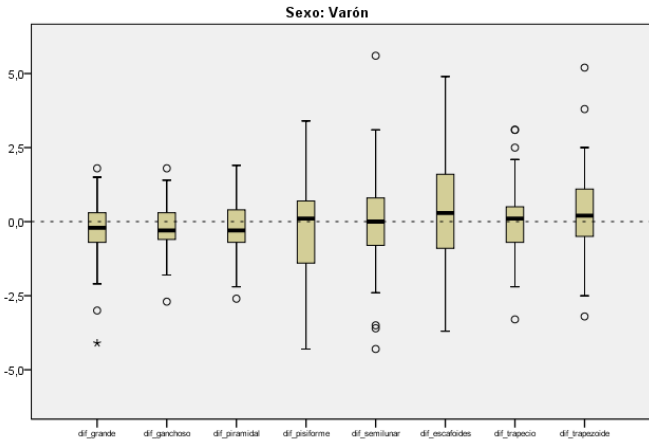


Gráfico 4.2.2.1.4B Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre la mano izquierda y la derecha, en la muestra por sexo: varón.

# Muestra por patología

	Patologia_cod											
	Hipocrecimiento disarmónico						Hipocrecimiento armónico					
	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	Mediana	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	Mediana
grande_i	26	18,323	10,7	27,3	3,8164	18,650	107	18,593	8,7	26,5	4,6074	19,100
grande_d	26	18,431	11,2	28,0	3,7377	18,950	107	18,556	7,5	28,2	4,7033	18,700
ganchoso_i	26	15,6500	7,00	22,50	3,76736	15,5500	107	15,8519	8,50	25,60	4,47802	16,0000
ganchoso_d	26	15,862	10,0	25,2	3,6765	15,300	107	15,849	8,1	24,7	4,4359	15,900
piramidal_i	26	11,496	5,5	16,3	2,6630	12,100	107	11,211	,0	20,4	4,1895	11,700
piramidal_d	26	11,650	6,0	18,2	3,1453	12,050	107	11,196	,0	19,3	4,2031	11,800
pisiforme_i	26	3,777	,0	13,4	4,7401	,000	107	5,117	,0	15,7	4,9384	5,400
pisiforme_d	26	3,7269	,00	14,00	4,62425	,0000	107	5,0880	,00	14,90	4,97010	4,6000
semilunar_i	26	11,146	,0	21,2	5,3865	12,050	107	11,230	,0	21,5	5,4627	12,500
semilunar_d	26	11,088	,0	20,4	5,3339	11,150	107	11,036	,0	22,3	5,6123	11,900
escafoides_i	26	11,912	,0	23,6	6,0474	11,950	107	11,758	,0	26,5	7,5691	13,300
escafoides_d	26	11,515	,0	24,1	6,1832	11,000	107	11,637	,0	26,5	7,6365	12,900
trapezio_i	26	11,042	,0	20,6	4,9307	11,050	107	10,641	,0	21,5	5,8936	11,500
trapezio_d	26	10,785	,0	19,7	5,4340	10,750	107	10,585	,0	22,7	5,9698	11,600
trapezoide_i	26	8,742	,0	15,0	3,4761	9,300	107	8,258	,0	15,1	4,3637	9,300
trapezoide_d	26	8,377	,0	13,2	3,3407	9,350	107	8,185	,0	15,8	4,3507	9,300

Tabla 4.2.2.1.5 Medidas estadísticas de distribución de longitud máxima de huesos del carpo (en mm) de ambas manos en la muestra por patología.

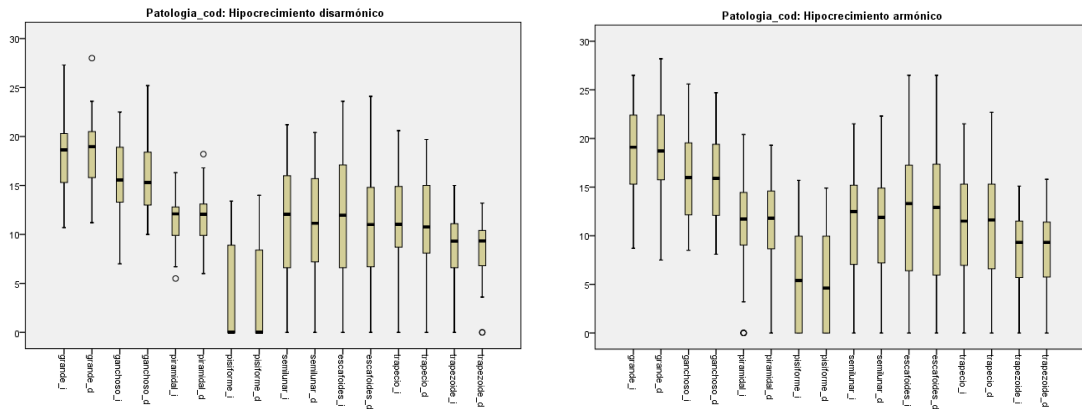


Gráfico 4.2.2.1.5 Diagramas de cajas de distribución de las longitudes de los huesos del carpo (mm) de ambas manos en la muestra por patologías: hipocrecimiento.

Patologia_cod		dif_grande	dif_ganchoso	dif_piramidal	dif_pisiforme	dif_semilunar	dif_escafoides	dif_trapecio	dif_trapezoide
Hipocrecimiento disarmónico	N	26	26	26	11	24	24	23	23
	Mínimo	-,90	-4,70	-4,60	-4,30	-3,50	-1,90	-1,90	-2,50
	Máximo	1,50	1,10	5,70	3,20	2,10	4,90	1,50	4,10
	Media	-,1077	-,2115	-,1538	,1182	,0625	,4292	,0217	,3522
	DE	,61574	1,19510	1,75071	1,88299	1,14010	1,35052	1,04314	1,56259
	Mediana	-,2500	-,2000	-,0500	,8000	,1000	,2500	,4000	-,1000
Hipocrecimiento armónico	N	107	107	103	59	98	85	91	93
	Mínimo	-2,90	-1,70	-2,20	-4,00	-4,30	-3,70	-4,00	-3,20
	Máximo	3,10	2,80	1,90	3,40	3,80	5,40	3,20	5,20
	Media	,0364	,0033	,0155	,0132	,1378	,0494	-,0066	,0839
	DE	,87506	,75886	,77848	1,45492	1,28605	1,44087	1,35530	1,11777
	Mediana	,0000	-,1000	,1000	,2000	,1000	,0000	,0000	,1000
Hipercrecimiento	N	3	3	3	2	3	3	3	3
	Mínimo	-3,00	-2,20	-1,10	,10	-2,40	-1,40	-1,10	-,60
	Máximo	1,30	-,20	-,10	,40	,00	2,60	,50	,80
	Media	-,5333	-,9000	-,4333	,2500	-,9667	,6000	-,1667	-,0333
	DE	2,21886	1,12694	,57735	,21213	1,26623	2,00000	,83267	,73711
	Mediana	,1000	-,3000	-,1000	,2500	-,5000	,6000	,1000	-,3000
No consta	N	18	18	18	8	18	18	18	17
	Mínimo	-4,10	-1,80	-2,60	,00	-,90	-,50	-1,50	-1,40
	Máximo	1,10	1,30	1,70	2,20	5,60	4,40	3,10	1,60
	Media	-,1889	-,0333	-,1389	,8500	,5778	,9000	,2667	,0941
	DE	1,28379	,79335	1,01815	,84515	1,48663	1,32709	1,06384	,82118
	Mediana	,1500	-,0500	-,1000	,8000	,2500	,3500	,4000	,1000

Tabla 4.2.2.1.6 Medidas estadísticas de distribución de longitud máxima de huesos del carpo (en mm) de ambas manos en la muestra por patologías.

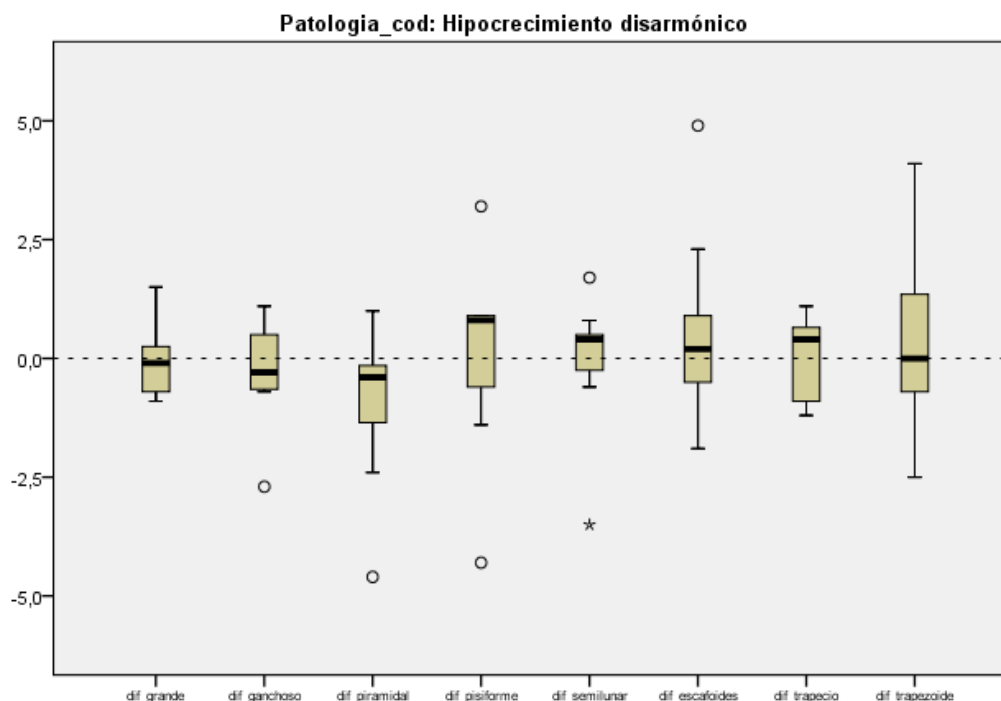


Gráfico 4.2.2.1.6A Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre mano izquierda y derecha, en la muestra por patología: hipocrecimiento disarmónico.

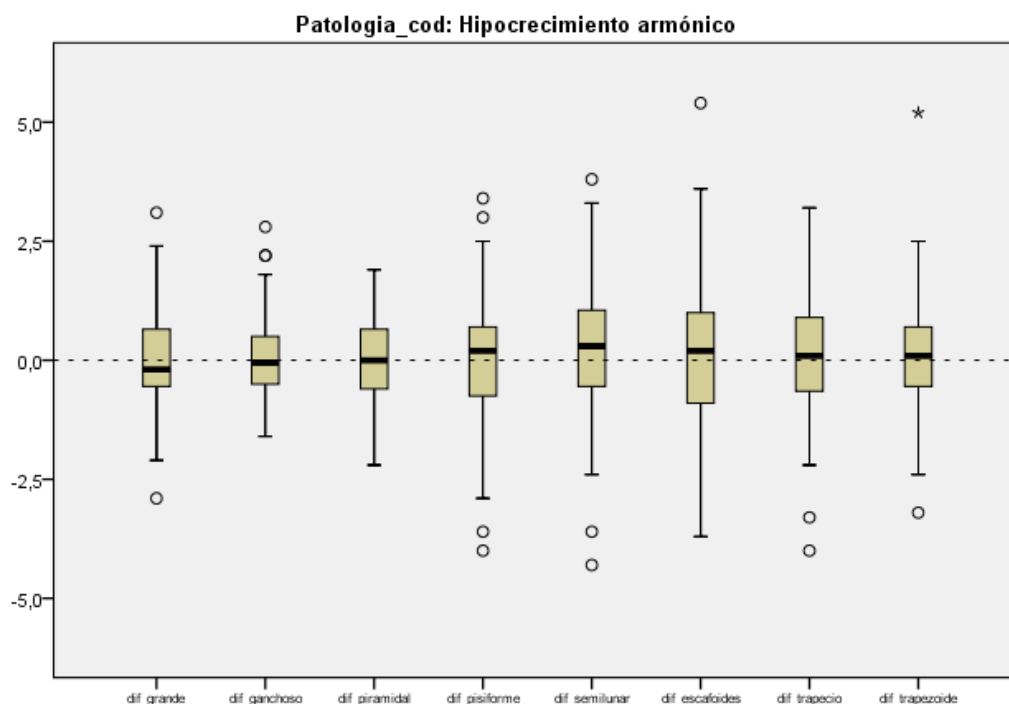


Gráfico 4.2.2.1.6B Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre mano izquierda y derecha, en la muestra por patología: hipocrecimiento disarmónico.

### Muestra por grupo de edad

	Grupos de Edad																	
	4 a 9,99						10 a 14,99						15 a 19,99					
	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	Mediana	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	Mediana	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	Mediana
grande_i	74	15,357	8,7	22,3	3,1629	15,600	64	21,056	13,9	27,3	2,8524	21,150	16	23,538	20,1	27,1	2,2190	23,750
grande_d	74	15,300	7,5	21,0	3,1531	15,850	64	21,069	13,1	28,2	2,9429	20,550	16	23,994	20,1	30,1	2,6754	24,300
ganchoso_i	74	12,501 <sub>4</sub>	7,00	20,80	2,61033	12,7000	64	18,260 <sub>2</sub>	10,20	22,80	2,69565	18,5000	16	21,443 <sub>8</sub>	16,90	25,70	2,77007	21,700
ganchoso_d	74	12,499	8,1	21,4	2,5663	12,600	64	18,352	10,3	25,2	2,6820	18,600	16	21,619	18,1	25,9	2,4463	21,700
piramidal_i	74	8,719	,0	17,5	3,3931	9,250	64	13,413	8,3	20,4	2,3449	13,500	16	15,056	12,5	17,7	1,5436	14,950
piramidal_d	74	8,654	,0	17,2	3,3523	9,300	64	13,545	8,0	19,3	2,3470	13,450	16	15,212	11,8	18,7	2,0386	14,900
pisiforme_i	74	,878	,0	9,4	2,1397	,000	64	7,842	,0	15,7	3,9864	9,150	16	11,319	8,6	15,8	1,9184	11,100
pisiforme_d	74	,6851	,0	7,20	1,78085	,0000	64	7,8534	,00	14,90	3,92476	9,2000	16	11,337 <sub>5</sub>	8,90	15,40	1,70328	11,050
semilunar_i	74	7,477	,0	15,9	4,0368	7,750	64	14,441	5,5	21,2	3,1888	14,850	16	17,275	13,6	21,5	2,7052	16,600
semilunar_d	74	7,307	,0	15,9	4,1742	7,700	64	14,137	4,4	20,4	3,2636	14,150	16	17,412	11,5	22,3	3,3764	17,600
escafoides_i	74	6,586	,0	19,6	5,2283	7,400	64	16,287	6,4	23,8	4,2255	17,000	16	19,763	13,3	26,5	4,1163	19,600
escafoides_d	74	6,422	,0	17,1	5,0592	6,900	64	15,925	,0	25,8	4,8283	16,300	16	19,400	13,2	26,5	4,1011	17,850
trapezio_i	74	6,414	,0	15,0	4,1448	7,300	64	14,230	7,2	20,6	2,7886	14,550	16	17,425	14,7	21,5	1,9004	17,000
trapezio_d	74	6,258	,0	15,1	4,2896	7,150	64	14,056	6,7	19,7	2,8532	14,450	16	17,775	14,4	22,7	2,1825	17,300
trapezoide_i	74	5,428	,0	13,1	3,6869	6,200	64	10,777	5,6	15,0	2,0895	10,750	16	12,363	10,3	15,1	1,5891	12,150
trapezoide_d	74	5,345	,0	12,1	3,6051	6,100	64	10,642	5,6	15,4	1,9764	10,500	16	12,269	8,8	15,8	1,7715	12,300

Tabla 4.2.2.1.7 Medidas estadísticas de distribución de longitud máxima de huesos del carpo (en mm) de ambas manos en la muestra por grupos de edad.

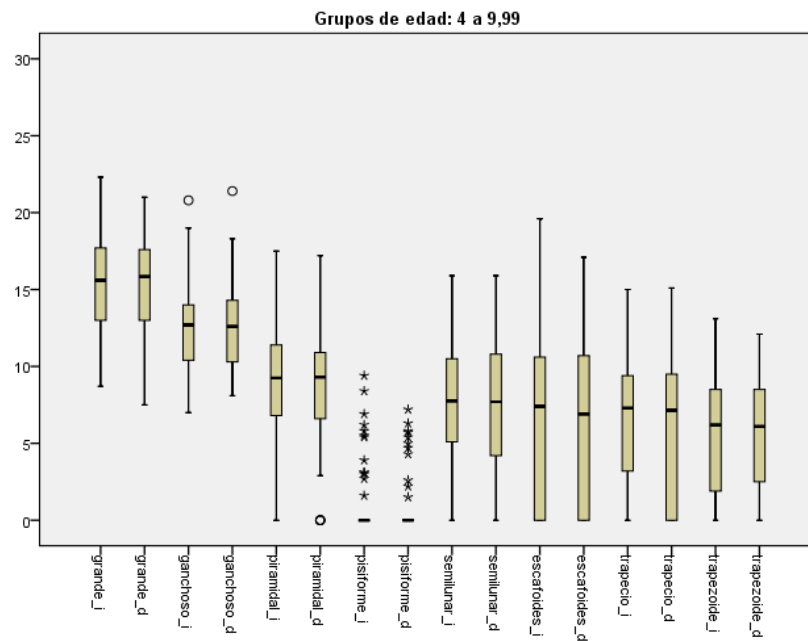


Gráfico 4.2.2.1.7A Diagramas de cajas de distribución de las longitudes de los huesos del carpo (mm) de ambas manos en la muestra por grupos de edad de 4 a 9 años.

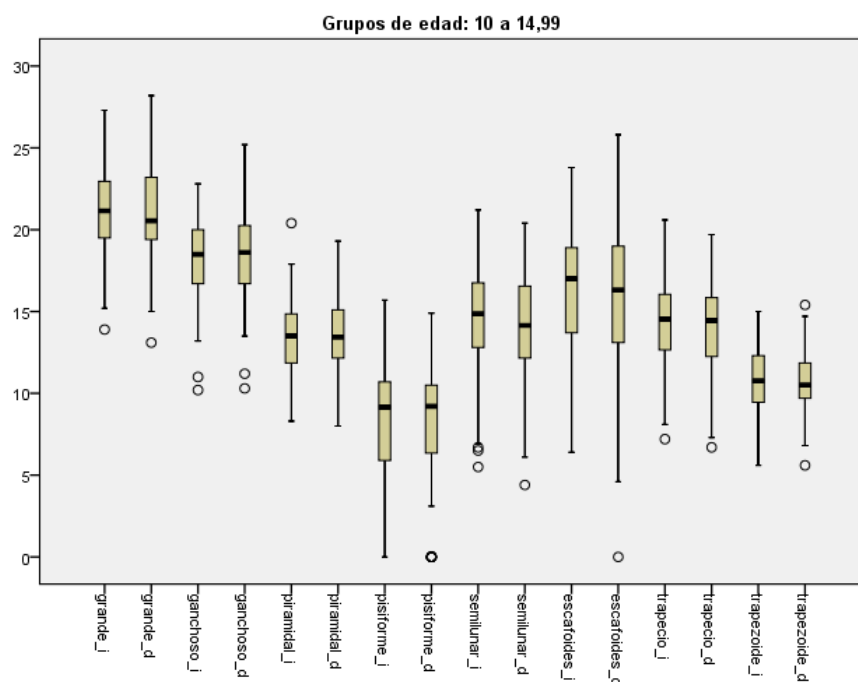


Gráfico 4.2.2.1.7B Diagramas de cajas de distribución de las longitudes de los huesos del carpo (mm) de ambas manos en la muestra por grupos de edad de 10 a 14 años.

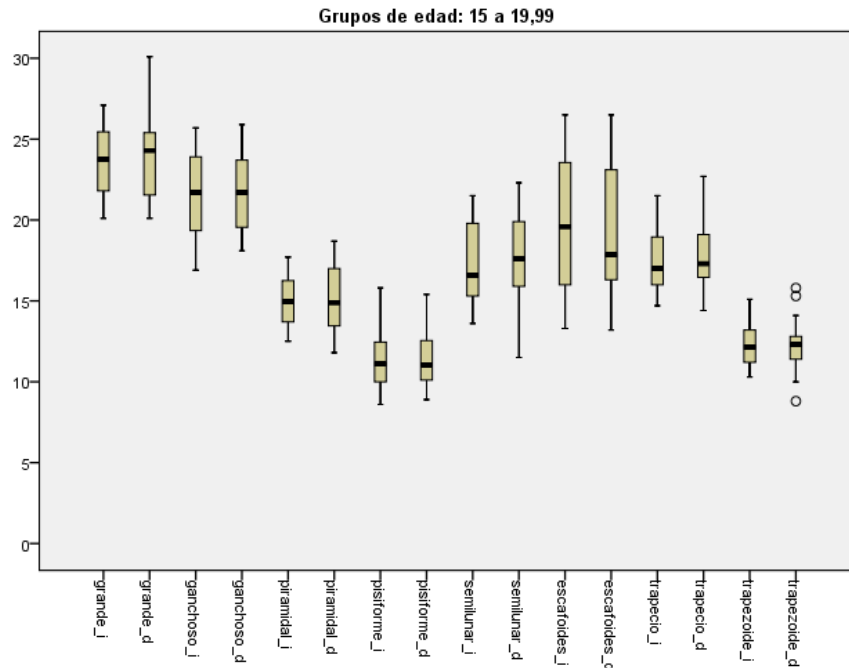


Gráfico 4.2.2.1.7C Diagramas de cajas de distribución de las longitudes de los huesos del carpo (mm) de ambas manos en la muestra por grupos de edad de 15 a 19 años.

Grupos de Edad		dif_grande	dif_ganchoso	dif_piramidal	dif_pisiforme	dif_semilunar	dif_escafoides	dif_trapecio	dif_trapezoide
4 a 9,99	N	74	74	70	10	63	51	55	56
	Mínimo	-2,10	-4,70	-2,90	,10	-1,40	-2,40	-3,80	-2,00
	Máximo	1,80	1,30	5,70	2,20	2,10	4,40	3,20	2,90
	Media	,0568	,0027	,0686	,8900	,0841	,2059	-,0236	,1304
	DE	,62331	,77105	,94861	,73098	,76774	1,09241	1,16777	,82284
	Mediana	,0000	,0000	,1000	,6000	-,1000	,2000	-,1000	,1000
10 a 14,99	N	64	64	64	54	64	63	64	64
	Mínimo	-4,10	-2,70	-4,60	-4,30	-3,60	-3,70	-4,00	-2,50
	Máximo	3,10	2,80	1,90	3,20	5,60	4,90	3,20	5,20
	Media	-,0125	-,0914	-,1328	,0144	,3031	,2571	,1734	,1344
	DE	1,13494	,83274	1,11584	1,51952	1,47970	1,58732	1,40828	1,34651
	Mediana	-,0500	-,2000	-,2000	,1500	,3000	,3000	,2000	,0000
15 a 19,99	N	16	16	16	16	16	16	16	16
	Mínimo	-3,00	-2,20	-2,20	-2,90	-4,30	-1,50	-1,50	-3,20
	Máximo	1,30	2,20	1,40	3,40	3,30	5,40	1,20	2,10
	Media	-,4563	-,1750	-,1562	-,0187	-,1375	,3625	-,3500	,0938
	DE	1,07577	1,30358	1,02954	1,51050	2,01259	1,83044	,76420	1,42570
	Mediana	-,3500	-,2500	-,2500	,0500	-,2000	,0000	-,3500	,1500

Tabla 4.2.2.1.9 Medidas estadísticas de distribución de longitud máxima de huesos del carpo (en mm) de ambas manos en la muestra por grupos de edad.



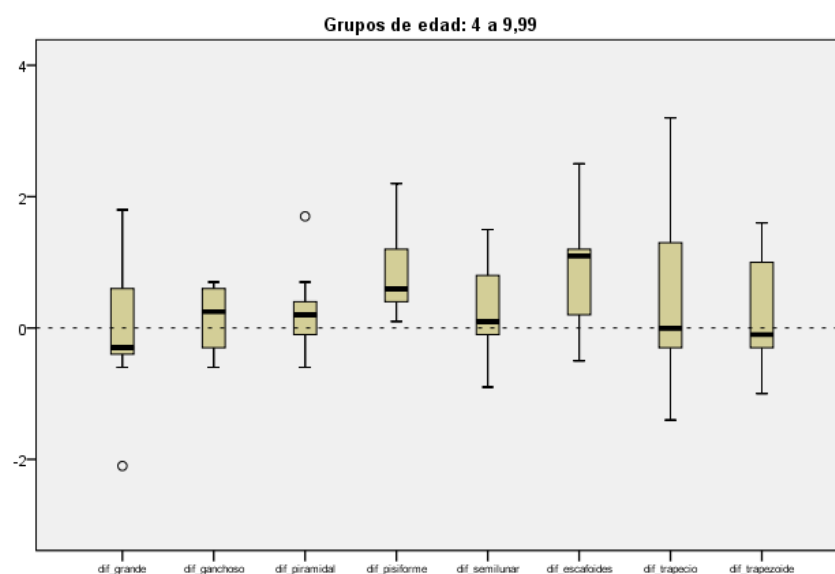


Gráfico 4.2.2.1.9A Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre la mano izquierda y la derecha, en la muestra por grupo de edad: 4 a 9 años.

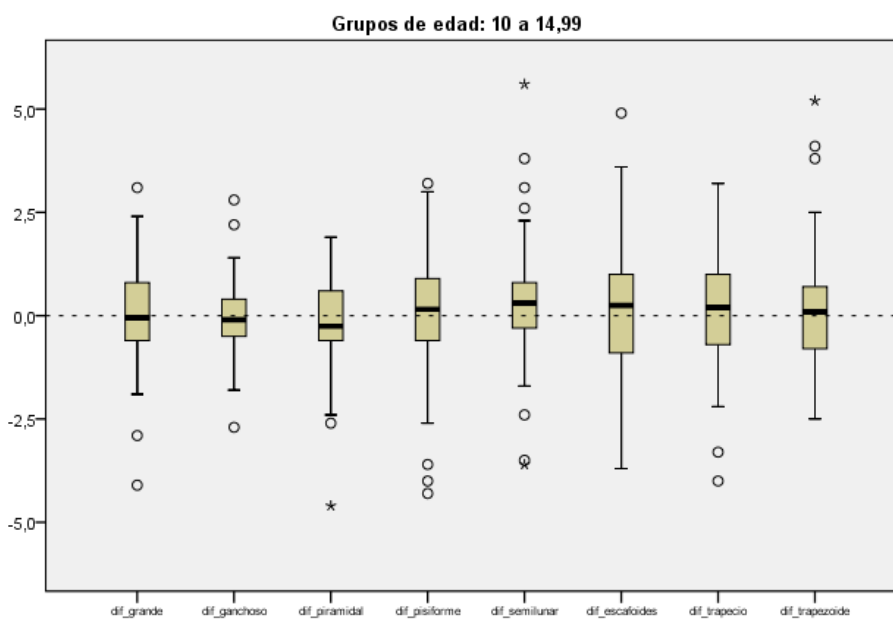


Gráfico 4.2.2.1.9B Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre la mano izquierda y la derecha, en la muestra por grupo de edad: 10 a 14 años.

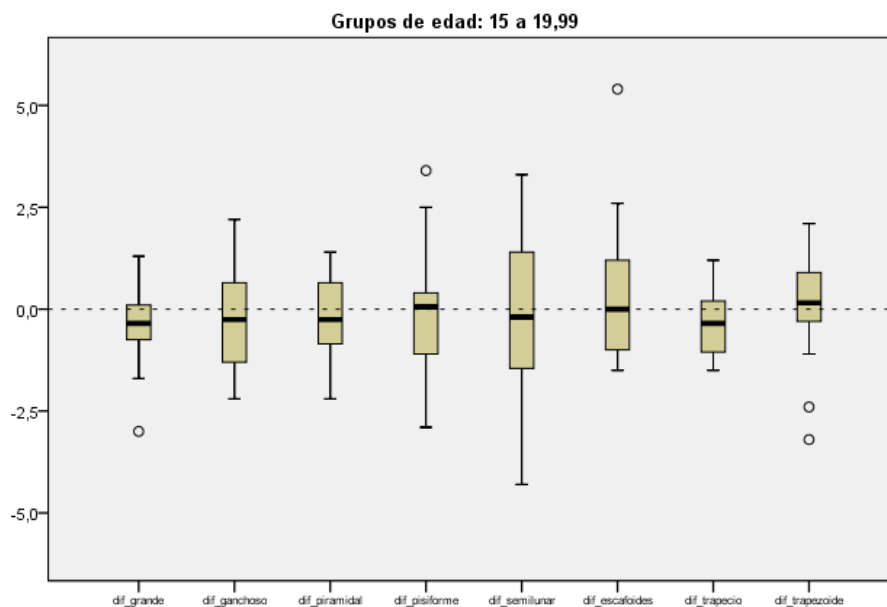


Gráfico 4.2.2.1.9C Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de longitud (mm) de los huesos del carpo entre la mano izquierda y la derecha, en la muestra por grupo de edad de 10 a 14 años.

#### 4.2.2.2 Epífisis distal de cúbito y radio.

#### Muestra global

	Cúbito_i	Cúbito_d	Radio_i	Radio_d	Radio_d	Radio_d
N	154	154	154	154	122	154
Mínimo	,0	,0	6,9	6,7	-3,30	-2,90
Máximo	23,9	24,3	41,9	41,2	5,50	3,60
Media	10,36	10,55	23,41	23,49	-,20	-,07
Desviación estándar	6,54	6,64	6,61	6,84	1,23	1,02
Mediana	11,95	12,25	23,10	23,200	-,30	-,10

Tabla 4.2.2.2.1 Medidas estadísticas de distribución del tamaño de las epífisis distales de cúbito y radio y de las diferencias (mm) de ambas manos en la muestra global.

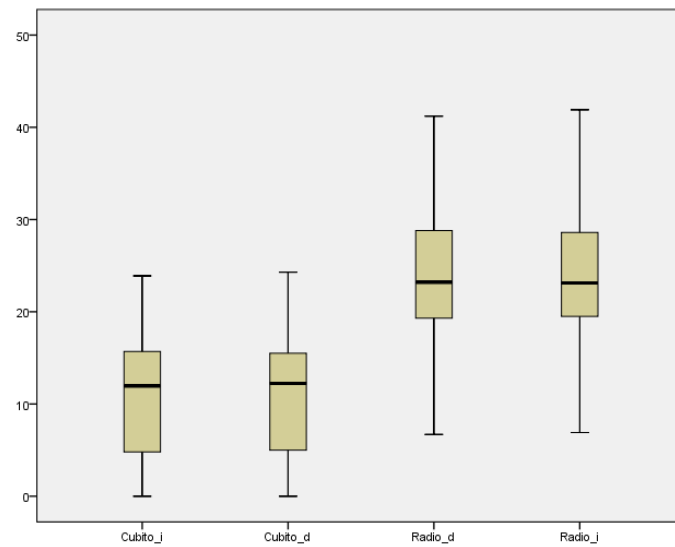


Gráfico 4.2.2.2.1A Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis distales de cúbito y radio de ambas manos en la muestra global.

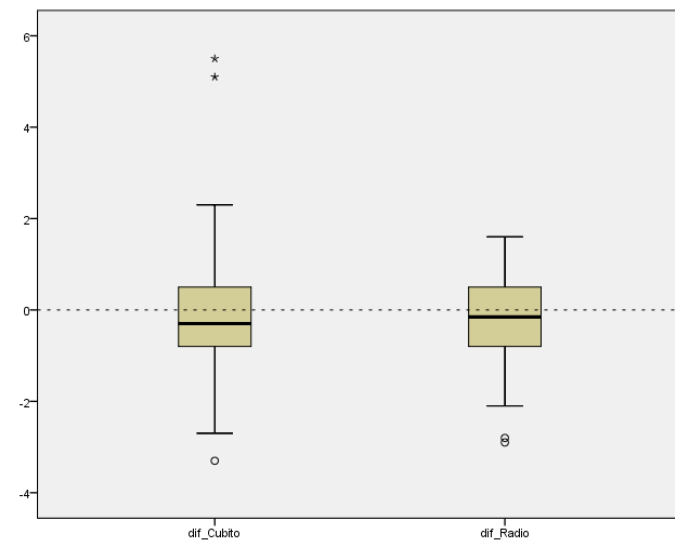


Gráfico 4.2.2.2.1B Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre las longitudes máximas de las epífisis distales de cúbito radio de ambas manos en la muestra global.

Muestra por sexo

Sexo		Cubito_i	Cubito_d	Radio_i	Radio_d	dif_Cubito	dif_Radio
Mujer	N	73	73	73	73	61	73
	Mínimo	,0	,0	6,9	6,7	-2,00	-1,80
	Máximo	19,0	19,1	32,0	32,8	2,30	1,60
	Media	10,996	11,159	23,089	23,192	-,1951	-,1027
	Desviación estándar	5,8990	5,9343	6,0452	6,2732	,94064	,85195
	Mediana	12,700	13,100	22,700	22,400	-,2000	-,1000
Varón	N	81	81	81	81	61	81
	Mínimo	,0	,0	9,1	7,3	-3,30	-2,90
	Máximo	23,9	24,3	41,9	41,2	5,50	3,60
	Media	9,788	10,004	23,717	23,770	-,2148	-,0531
	Desviación estándar	7,0688	7,2140	7,1205	7,3427	1,47849	1,15684
	Mediana	10,900	11,800	23,200	23,300	-,4000	-,1000

Tabla 4.2.2.2.2 Medidas estadísticas de distribución del tamaño de las epífisis distales de cúbito y radio y de las diferencias (mm) de ambas manos en la muestra por sexos.

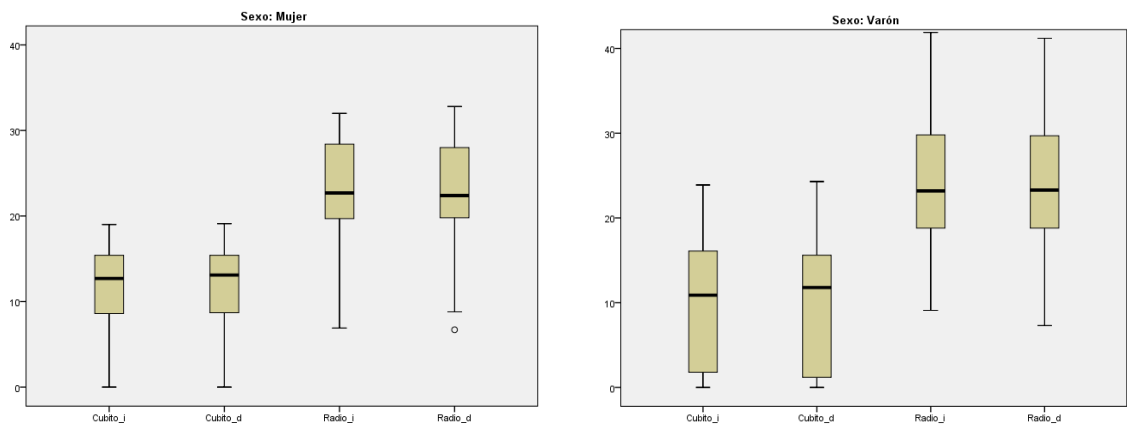


Gráfico 4.2.2.2.2A Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis distales de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por sexos.

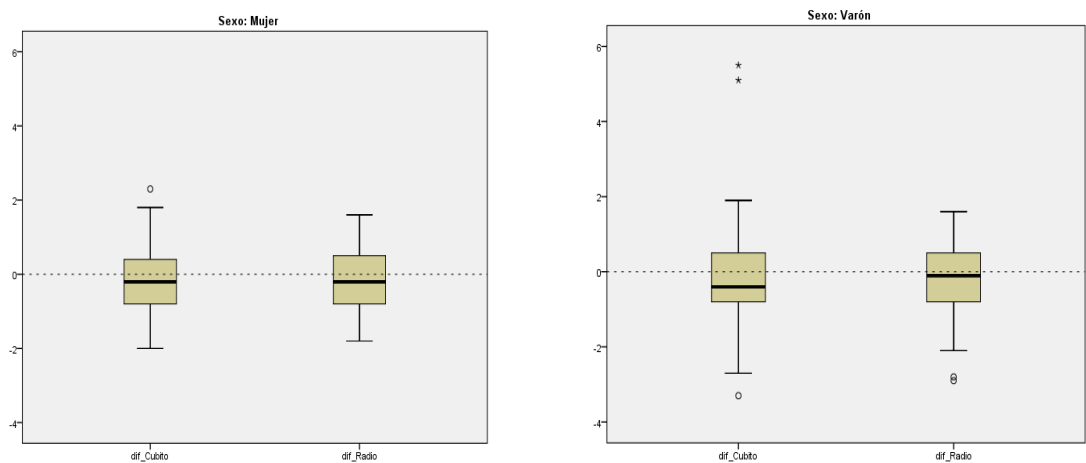


Gráfico 4.2.2.2.2B. Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre las longitudes máximas de las epífisis distales de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por sexo.

## Muestra por patologías

Patologia_cod		Cubito_i	Cubito_d	Radio_i	Radio_d	dif_Cubito	dif_Radio
Hipocrecimiento disarmónico	N	26	26	26	26	22	26
	Mínimo	,0	,0	15,1	14,9	-3,30	-2,80
	Máximo	18,2	17,8	32,9	33,8	1,90	3,60
	Media	9,954	10,219	23,085	23,065	-,3136	,0192
	Desviación estándar	5,4726	5,7087	4,8923	5,1160	1,20091	1,16379
	Mediana	11,000	10,950	23,000	23,450	-,4000	-,0500
Hipocrecimiento armónico	N	107	107	107	107	80	107
	Mínimo	,0	,0	6,9	6,7	-2,70	-2,80
	Máximo	21,8	22,6	41,9	41,2	2,30	2,60
	Media	10,381	10,640	23,333	23,425	-,2912	-,0925
	Desviación estándar	6,8388	6,8855	7,1802	7,4166	,98587	,98467
	Mediana	12,300	12,400	23,800	23,300	-,3500	-,1000
Hipercrecimiento	N	3	3	3	3	3	3
	Mínimo	9,3	11,1	21,8	21,3	-1,80	-1,20
	Máximo	23,9	24,3	35,5	35,9	-,40	,50
	Media	17,200	18,167	29,633	30,000	-,9667	-,3667
	Desviación estándar	7,3736	6,6493	7,0586	7,6922	,73711	,85049
	Mediana	18,400	19,100	31,600	32,800	-,7000	-,4000
No consta	N	18	18	18	18	17	18
	Mínimo	,0	,0	17,4	16,9	-2,20	-2,90
	Máximo	17,8	18,0	35,7	36,6	5,50	1,30
	Media	9,683	9,233	23,383	23,456	,4765	-,0722
	Desviación estándar	5,8963	6,0025	4,9708	4,9939	2,02501	1,10656
	Mediana	10,150	10,100	21,700	21,750	,2000	,3500

Tabla 4.2.2.2.3 Medidas estadísticas de distribución del tamaño de las epífisis distales de cúbito y radio y de las diferencias (mm) de ambas manos en la muestra por grupos de edad.

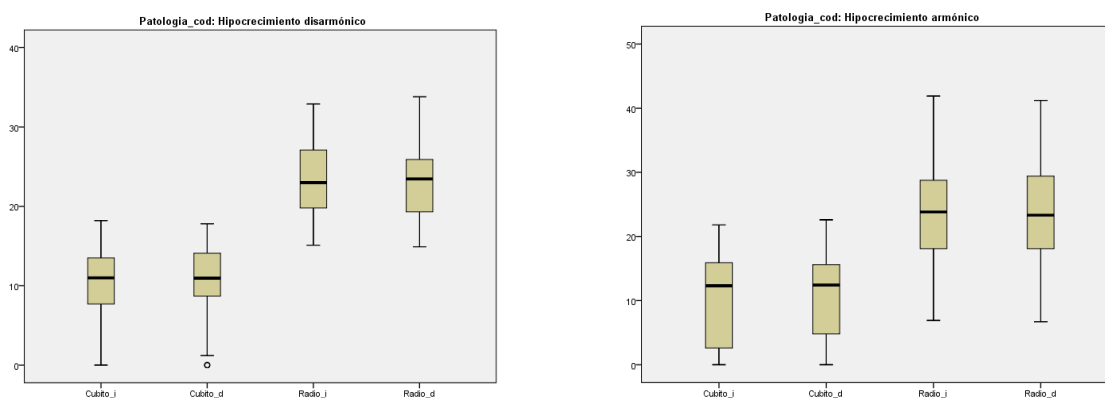


Gráfico 4.2.2.2.3A Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por patologías.

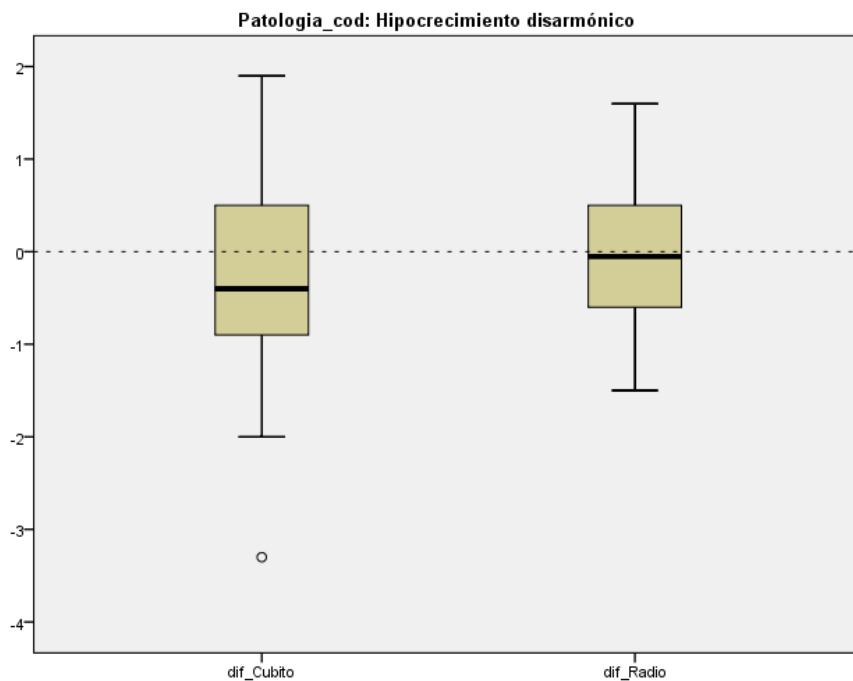


Gráfico 4.2.2.2.3B Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre las longitudes máximas de las epífisis distales de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por patologías: hipocrecimiento disarmónico.

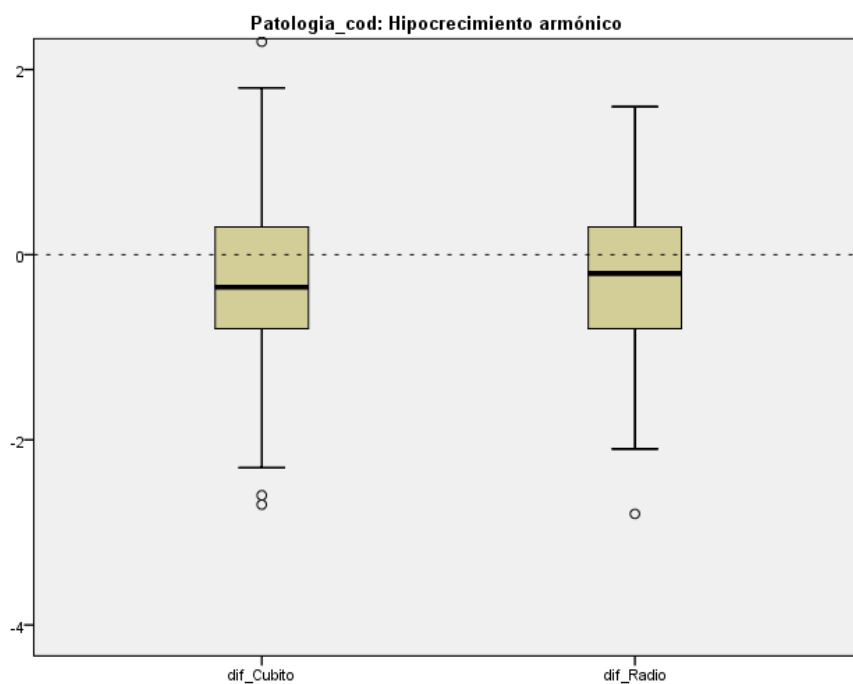


Gráfico 4.2.2.2.3C Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre las longitudes máximas de las epífisis distales de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por patologías: hipocrecimiento armónico.

## Muestra por grupos de edad

Grupos de edad		Cubito_i	Cubito_d	Radio_i	Radio_d	dif_Cubito	dif_Radio
4 a 9,99	N	74	74	74	74	43	74
	Mínimo	,0	,0	6,9	6,7	-2,60	-2,90
	Máximo	16,4	17,2	27,2	27,3	5,10	3,60
	Media	5,261	5,462	18,345	18,224	-,2442	,1203
	Desviación estándar	5,1825	5,3427	4,2172	4,4715	1,36457	1,03155
	Mediana	4,700	5,100	19,500	19,400	-,5000	,1000
10 a 14,99	N	64	64	64	64	63	64
	Mínimo	,0	,0	12,3	15,1	-3,30	-2,80
	Máximo	20,5	20,6	36,5	36,7	5,50	1,60
	Media	14,522	14,727	27,020	27,264	-,2079	-,2437
	Desviación estándar	3,2816	3,4348	4,1650	4,1541	1,21686	1,01932
	Mediana	15,150	15,300	27,750	27,700	-,2000	-,2000
15 a 19,99	N	16	16	16	16	16	16
	Mínimo	13,2	13,5	27,0	27,5	-1,20	-1,60
	Máximo	23,9	24,3	41,9	41,2	2,30	1,20
	Media	17,300	17,388	32,488	32,806	-,0875	-,3187
	Desviación estándar	2,7881	3,0891	4,1635	4,1692	,96462	,84397
	Mediana	17,050	17,150	31,550	32,250	-,3500	-,2500

Tabla 4.2.2.2.4 Medidas estadísticas de distribución del tamaño de las epífisis distales de cúbito y radio y de las diferencias (mm) de ambas manos en la muestra por grupos de edad.

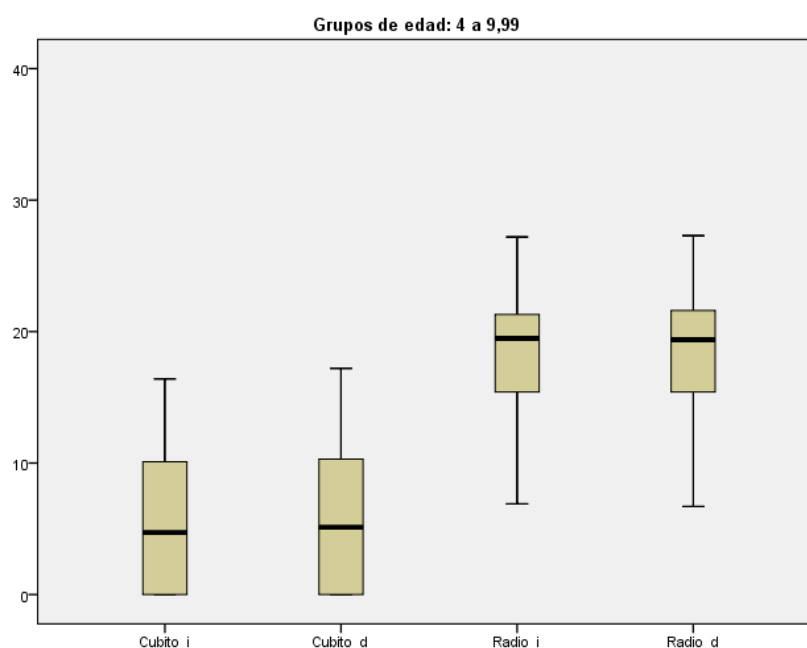


Gráfico 4.2.2.2.4A Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por grupos de edad de 4 a 9 años.

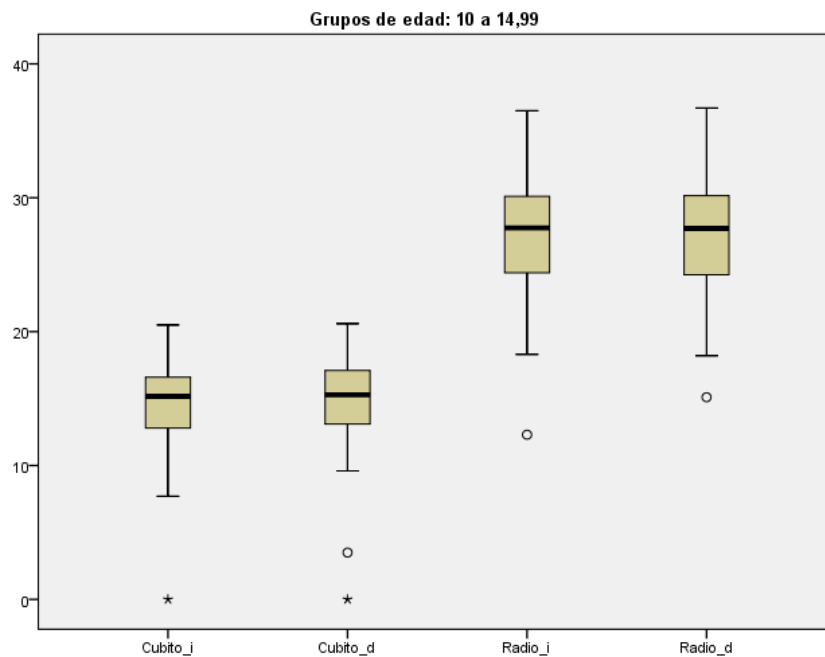


Gráfico 4.2.2.2.4B Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por grupos de edad de 10 a 14 años.

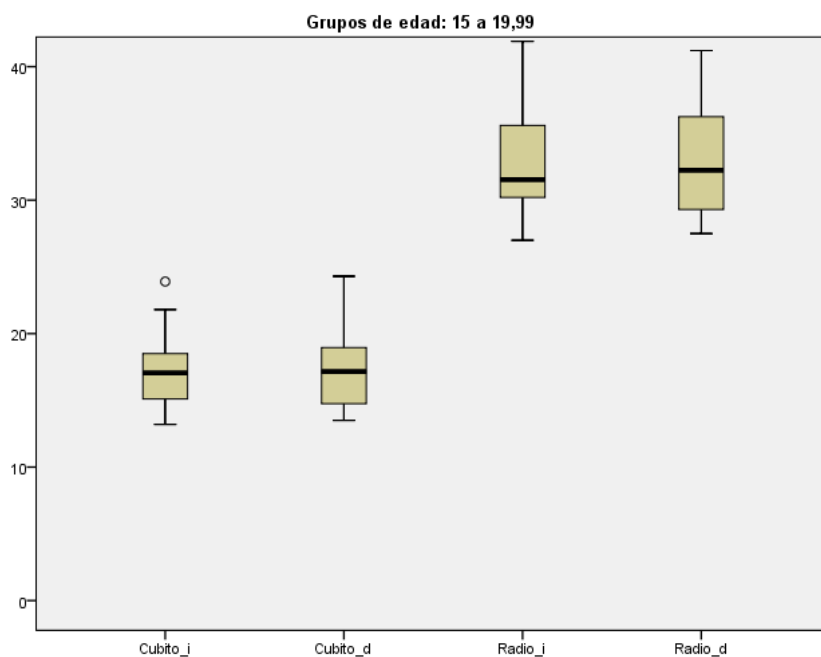


Gráfico 4.2.2.2.4C Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por grupos de edad de 15 a 19 años.



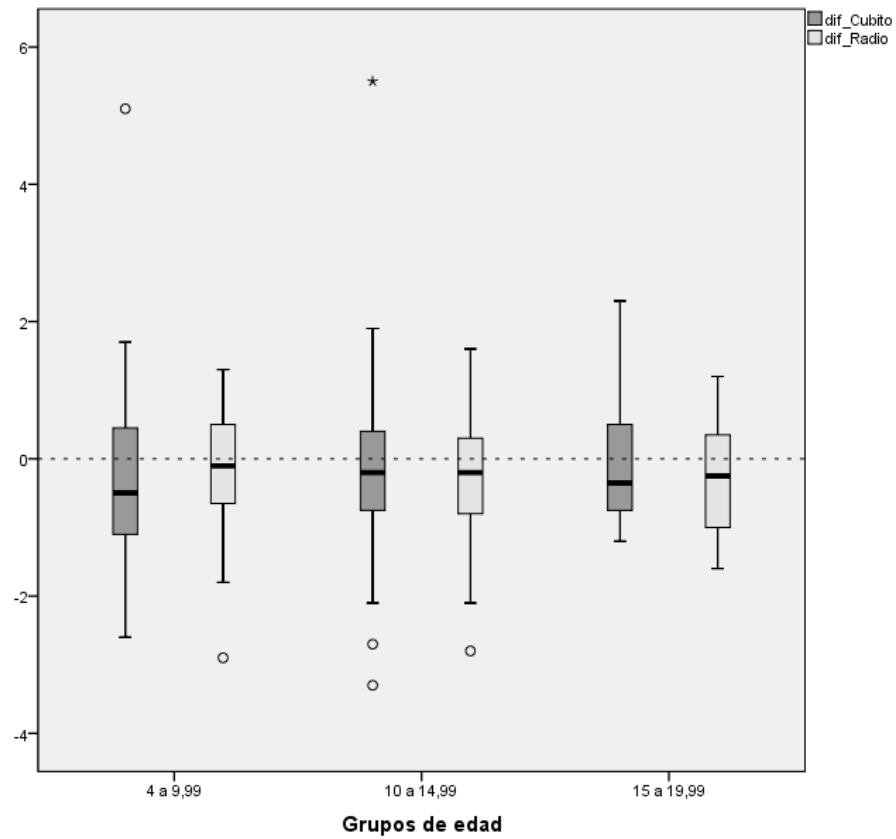


Gráfico 4.2.2.2.4D Diagramas de cajas de distribución de la diferencia entre las longitudes máximas de las epífisis distales de cúbito y radio de ambas manos en la muestra por grupos de edad.

4.2.2.3 Epífisis dedos 1º, 3º y 5º.

Muestra global

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Mediana
Epi_1_meta_i	154	,0	16,5	9,92	3,23	10,10
Epi_1_meta_d	154	,0	17,7	10,02	3,36	9,90
Fal_proximal_1_i	154	,0	16,3	9,96	2,89	9,90
Fal_proximal_1_d	154	,0	16,7	10,02	2,91	9,80
Fal_distal_1_i	154	2,6	16,5	7,79	2,29	7,80
Fal_distal_1_d	154	3,20	13,60	7,92	2,24	7,900
cabeza_meta_3_i	154	5,7	20,2	11,44	3,20	11,30
cabeza_meta_3_d	154	5,8	18,7	11,30	3,11	11,10
Fal_proximal_3_i	154	6,6	16,9	11,24	2,46	11,20
Fal_proximal_3_d	154	5,9	17,1	11,33	2,58	11,50
Fal_media_3_i	154	4,8	14,5	9,21	2,11	9,30
Fal_media_3_d	154	4,8	13,7	9,24	2,20	9,50
Fal_distal_3_i	154	2,0	11,0	7,16	1,78	7,40
Fal_distal_3_d	154	2,4	11,6	7,12	1,82	7,40
cabeza_meta_5_i	154	3,8	16,0	8,65	2,57	8,15
cabeza_meta_5_d	154	3,8	15,1	8,75	2,66	8,40
Fal_proximal_5_i	154	2,9	14,8	9,35	2,64	9,15
Fal_proximal_5_d	154	3,3	15,4	9,51	2,69	9,25
Fal_media_5_i	154	,0	11,3	6,47	1,93	6,25
Fal_media_5_d	154	,0	11,5	6,53	1,95	6,30
Fal_distal_5_i	154	,0	9,7	5,46	1,70	5,60
Fal_distal_5_d	154	1,2	9,9	5,41	1,67	5,40

Tabla 4.2.2.3.1 Medidas estadísticas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1º, 3º y 5º dedos de ambas manos, en la muestra global.

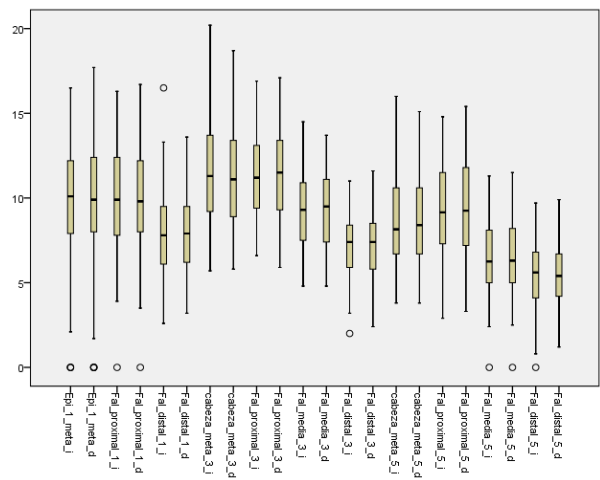


Gráfico 4.2.2.3.2 Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1º, 3º y 5º dedos de ambas manos, en la muestra global.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Mediana
dif_Epi_1_meta	149	-1,50	2,30	-,11	,57	-,10
dif_Fal_proximal_1	153	-3,90	2,60	-,058	,79	,00
dif_Fal_distal_1	154	-4,10	3,90	-,13	,89	-,20
dif_cabeza_meta_3	154	-1,60	3,00	,13	,73	,10
dif_Fal_proximal_3	154	-1,50	1,90	-,09	,49	-,10
dif_Fal_media_3	154	-1,20	1,60	-,03	,46	-,05
dif_Fal_distal_3	154	-1,20	4,40	,03	,53	,00
dif_cabeza_meta_5	154	-2,20	2,30	-,09	,67	-,10
dif_Fal_proximal_5	154	-2,70	1,10	-,15	,49	-,10
dif_Fal_media_5	153	-1,50	2,10	-,06	,47	-,10
dif_Fal_distal_5	153	-1,40	4,20	,05	,69	,00

Tabla 4.2.2.3.3 Medidas estadísticas de distribución de las diferencias entre ambas manos (izquierda-derecha) de los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos, en la muestra global.

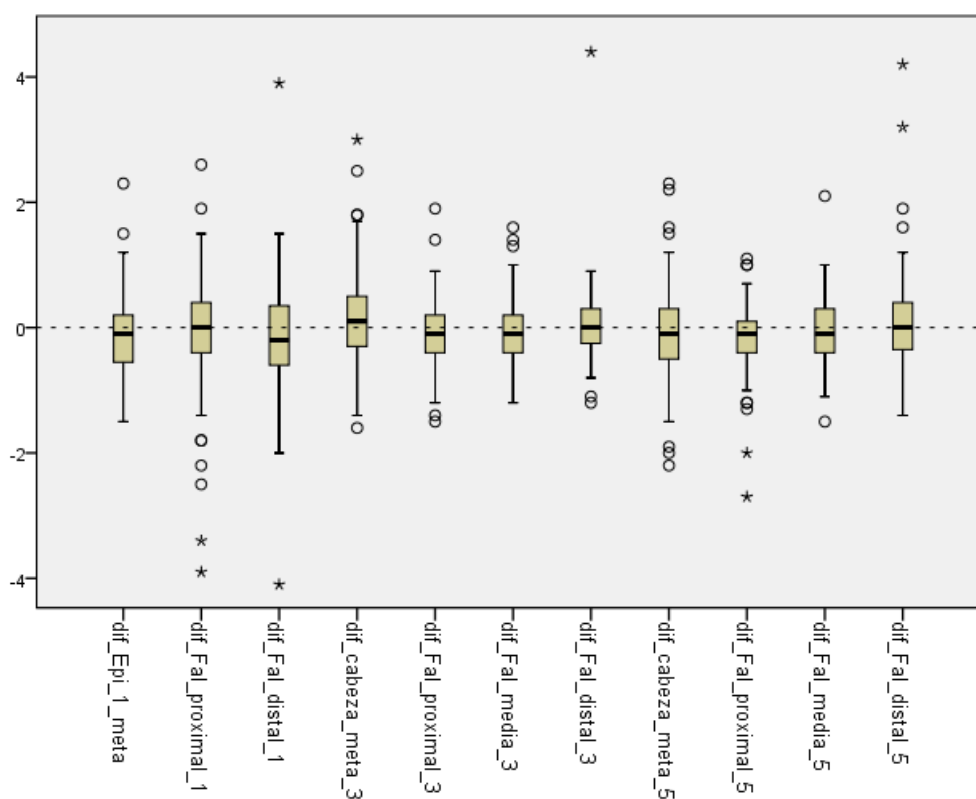


Gráfico 4.2.2.3.3 Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos en la muestra global.

## Muestra por sexo

	Sexo											
	Mujer						Varón					
	N	media	mín	máximo	DE	mediana	N	media	mín	máximo	DE	mediana
Epi_1_meta_i	73	10,084	2,1	15,3	2,7205	10,600	81	9,778	,0	16,5	3,6463	9,700
Epifisis_1_meta_d	73	10,148	,0	15,1	2,8556	10,900	81	9,906	,0	17,7	3,7720	9,500
Fal_proximal_1_i	73	10,053	3,9	15,3	2,7613	10,100	81	9,886	,0	16,3	3,0298	9,800
Fal_proximal_1_d	73	10,123	3,5	14,9	2,6755	10,100	81	9,933	,0	16,7	3,1232	9,600
Fal_distal_1_i	73	7,886	2,6	12,2	2,0819	7,800	81	7,710	3,6	16,5	2,4815	7,800
Fal_distal_1_d	73	7,967	3,2	12,0	2,0771	8,000	81	7,896	3,4	13,6	2,3957	7,800
cabeza_meta_3_i	73	11,429	5,7	18,7	2,9631	11,900	81	11,451	5,9	20,2	3,4193	11,200
cabeza_meta_3_d	73	11,396	5,8	18,7	3,0727	11,700	81	11,220	5,8	18,5	3,1783	11,000
Fal_proximal_3_i	73	11,125	6,6	16,9	2,3275	11,300	81	11,351	6,7	16,4	2,5983	10,900
Fal_proximal_3_d	73	11,242	5,9	16,3	2,4529	11,800	81	11,422	6,4	17,1	2,7180	11,200
Fal_media_3_i	73	9,173	5,0	12,6	2,0163	9,300	81	9,248	4,8	14,5	2,2203	9,300
Fal_media_3_d	73	9,253	5,1	12,7	2,0781	9,600	81	9,243	4,8	13,7	2,3197	9,200
Fal_distal_3_i	73	7,162	3,7	9,6	1,5390	7,100	81	7,169	2,0	11,0	1,9975	7,400
Fal_distal_3_d	73	7,153	3,6	9,8	1,5861	7,300	81	7,106	2,4	11,6	2,0308	7,500
cabeza_meta_5_i	73	8,603	4,4	14,1	2,4299	8,700	81	8,698	3,8	16,0	2,7210	7,900
cabeza_meta_5_d	73	8,758	4,3	15,1	2,6015	9,300	81	8,744	3,8	15,0	2,7452	8,200
Fal_proximal_5_i	73	9,434	4,7	14,1	2,5041	9,800	81	9,291	2,9	14,8	2,7739	9,000
Fal_proximal_5_d	73	9,566	4,9	14,5	2,5352	10,000	81	9,477	3,3	15,4	2,8447	9,100
Fal_media_5_i	73	6,567	3,0	10,1	1,7969	6,700	81	6,383	,0	11,3	2,0605	6,100
Fal_media_5_d	73	6,666	3,6	9,6	1,8139	6,800	81	6,421	,0	11,5	2,0871	6,100
Fal_distal_5_i	73	5,475	2,5	7,7	1,3864	5,700	81	5,446	,0	9,7	1,9594	5,500
Fal_distal_5_d	73	5,449	1,7	8,0	1,5126	5,800	81	5,385	1,2	9,9	1,8238	5,300

Tabla 4.2.2.3.4 Medidas estadísticas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por sexo.

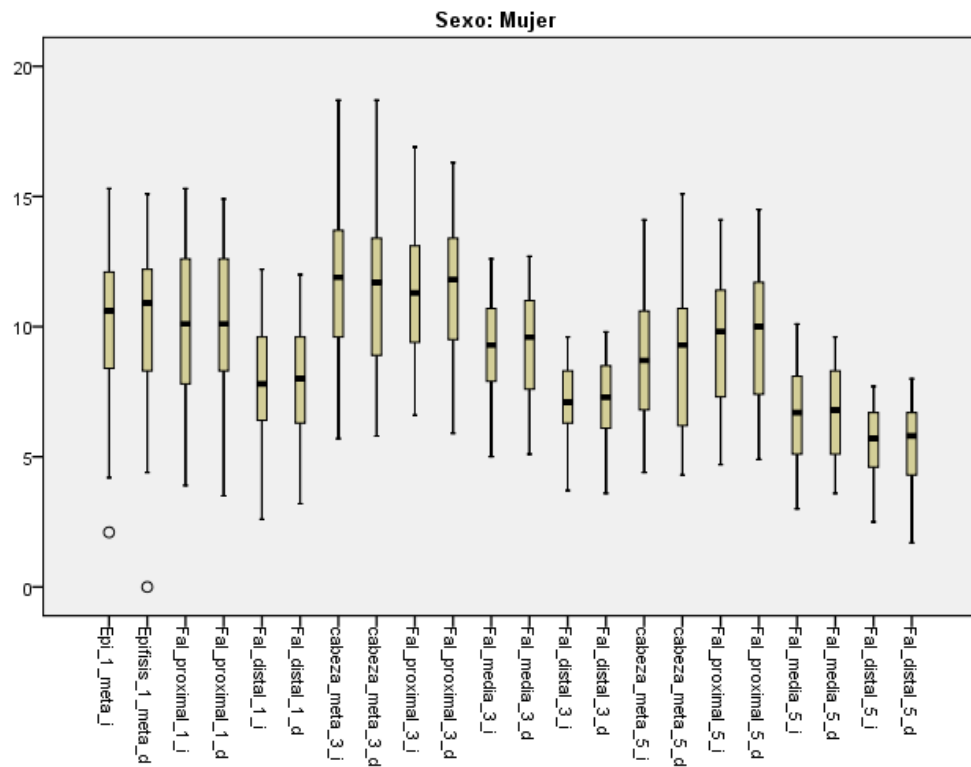


Gráfico 4.2.2.3.4A Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por sexo mujer.

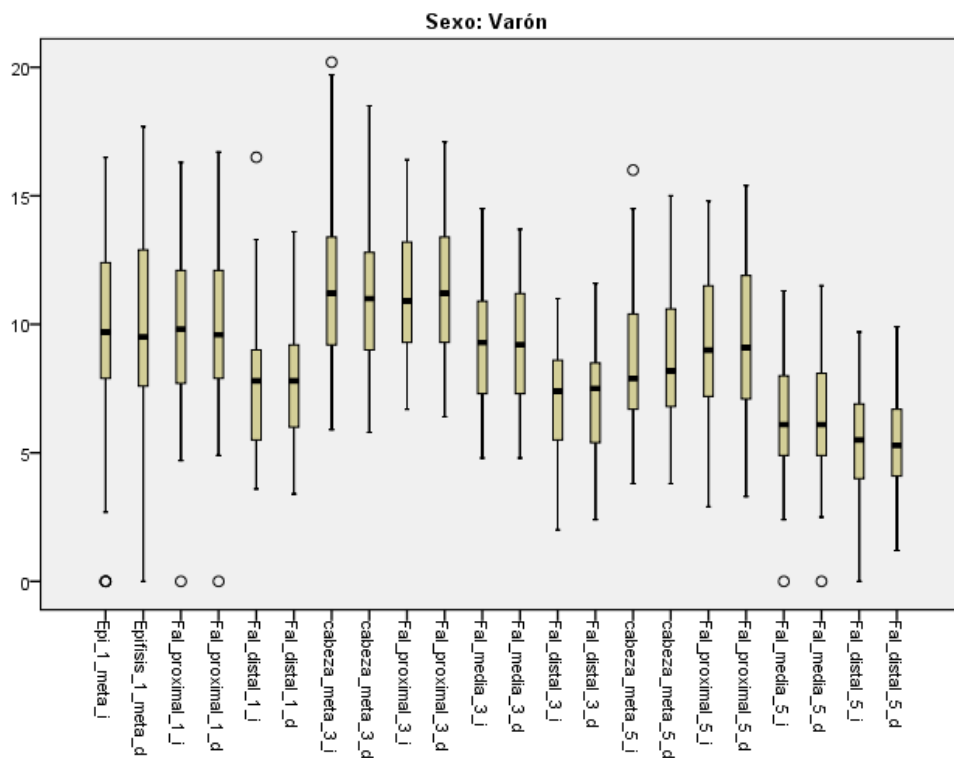


Gráfico 4.2.2.3.4B Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por sexo varón.

	Sexo											
	Mujer						Varón					
	N	media	mínimo	máximo	DE	mediana	N	media	mínimo	máximo	DE	mediana
dif_Epifisis_1_meta	72	-,0944	-1,20	2,30	,57553	-,1000	77	-,1364	-1,50	1,20	,58667	-,1000
dif_Fal_proximal_1	73	-,0699	-2,50	,90	,65843	,0000	80	-,0475	-3,90	2,60	,91083	,0000
dif_Fal_distal_1	73	-,0808	-2,00	1,50	,72604	-,1000	81	-,1862	-4,10	3,90	1,01891	-,2000
dif_cabeza_meta_3	73	,0329	-1,60	2,50	,72343	,0000	81	,2309	-1,20	3,00	,72846	,1000
dif_Fal_proximal_3	73	-,1178	-1,40	1,40	,46468	-,1000	81	-,0716	-1,50	1,90	,53015	,0000
dif_Fal_media_3	73	-,0808	-1,10	1,60	,42676	-,1000	81	,0049	-1,20	1,40	,48731	,0000
dif_Fal_distal_3	73	,0082	-,70	,70	,32264	,0000	81	,0630	-1,20	4,40	,67183	,1000
dif_cabeza_meta_5	73	-,1548	-1,90	2,20	,71958	-,2000	81	-,0469	-2,20	2,30	,62811	-,1000
dif_Fal_proximal_5	73	-,1315	-2,00	1,00	,45640	-,1000	81	-,1852	-2,70	1,10	,53575	-,1000
dif_Fal_media_5	73	-,0986	-1,10	2,10	,48605	-,2000	80	-,0388	-1,50	1,00	,46755	,0000
dif_Fal_distal_5	73	,0260	-1,40	3,20	,61712	,0000	80	,0875	-1,30	4,20	,76014	,0000

Tabla 4.2.2.3.5 Medidas estadísticas de distribución de las diferencias entre ambas manos (izquierda-derecha) de los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos, en la muestra por sexos.

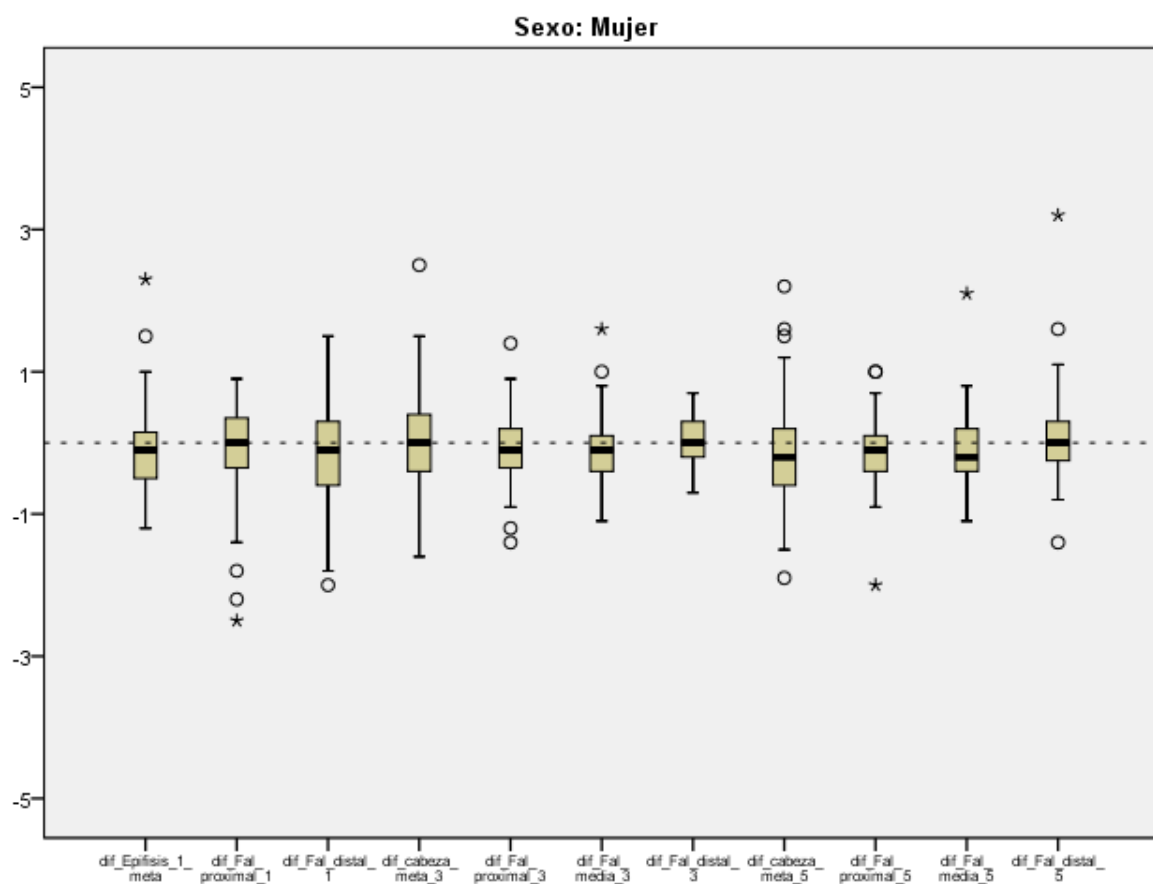


Gráfico 4.2.2.3.5A Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos en la muestra sexos: mujer.

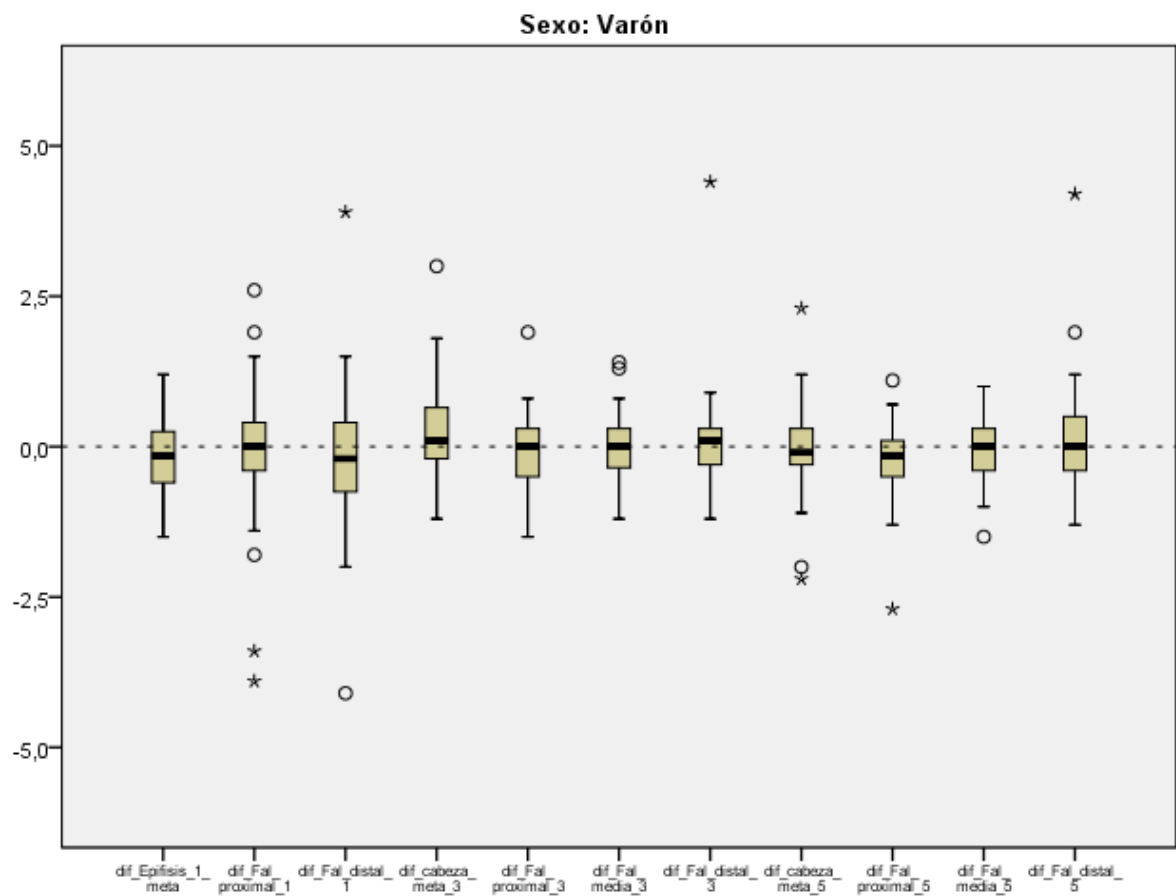


Gráfico 4.2.2.3.5B Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos en la muestra por sexos: varón.

## Muestra por patología

	Patologia_cod											
	Hipocrecimiento disarmónico						Hipocrecimiento armónico					
	N	media	mínimo	máximo	DE	mediana	N	media	mínimo	máximo	DE	mediana
Epi_1_meta_i	26	10,204	6,6	15,7	2,2676	9,900	107	9,744	,0	16,5	3,5130	10,00
Epifisis_1_meta_d	26	10,158	7,1	15,7	2,2491	9,450	107	9,889	,0	17,7	3,6781	10,00
Fal_proximal_1_i	26	9,804	6,4	15,7	2,4540	9,600	107	10,033	,0	16,3	3,0861	10,00
Fal_proximal_1_d	26	9,881	5,5	16,2	2,5548	9,550	107	10,040	,0	16,7	3,0938	10,10
Fal_distal_1_i	26	8,019	4,7	13,1	2,0595	8,150	107	7,794	2,6	16,5	2,4384	7,90
Fal_distal_1_d	26	8,1346	4,9	13,6	2,2577	8,100	107	7,867	3,2	13,2	2,2995	7,80
cabeza_meta_3_i	26	11,119	7,5	15,8	2,3846	11,050	107	11,476	5,7	20,2	3,4102	11,40
cabeza_meta_3_d	26	11,012	6,1	16,0	2,4549	10,700	107	11,332	5,8	18,7	3,3185	11,30
Fal_proximal_3_i	26	11,262	8,0	15,0	1,7401	11,400	107	11,193	6,6	16,9	2,6704	11,00
Fal_proximal_3_d	26	11,281	7,6	15,2	1,9089	11,650	107	11,302	5,9	16,7	2,7616	11,40
Fal_media_3_i	26	9,058	6,0	12,6	1,7130	8,900	107	9,239	4,8	14,5	2,2389	9,30
Fal_media_3_d	26	9,158	5,7	13,3	1,8413	8,950	107	9,248	4,8	13,7	2,3133	9,60
Fal_distal_3_i	26	7,108	4,6	8,7	1,2579	7,350	107	7,133	2,0	11,0	1,9281	7,40
Fal_distal_3_d	26	7,127	4,6	8,9	1,3012	7,350	107	7,100	2,4	11,6	1,9336	7,40
cabeza_meta_5_i	26	8,377	4,8	11,5	1,8257	8,100	107	8,637	3,8	16,0	2,7461	8,20
cabeza_meta_5_d	26	8,654	5,0	13,7	2,0671	8,200	107	8,737	3,8	15,1	2,8394	8,50
Fal_proximal_5_i	26	9,131	6,1	13,3	2,0876	8,800	107	9,363	2,9	14,7	2,8244	9,30
Fal_proximal_5_d	26	9,296	5,6	13,1	2,1161	9,100	107	9,521	3,3	15,0	2,8544	9,30
Fal_media_5_i	26	6,288	4,3	8,9	1,3358	6,100	107	6,464	,0	11,3	2,0810	6,40
Fal_media_5_d	26	6,388	4,2	9,1	1,5721	5,900	107	6,522	,0	11,5	2,0441	6,30
Fal_distal_5_i	26	5,415	3,2	7,6	1,2768	5,650	107	5,417	,0	9,2	1,8317	5,60
Fal_distal_5_d	26	5,296	2,7	7,6	1,3501	5,350	107	5,414	1,2	9,4	1,7701	5,60

Tabla 4.2.2.3.6 Medidas estadísticas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por patologías: hipocrecimientos.



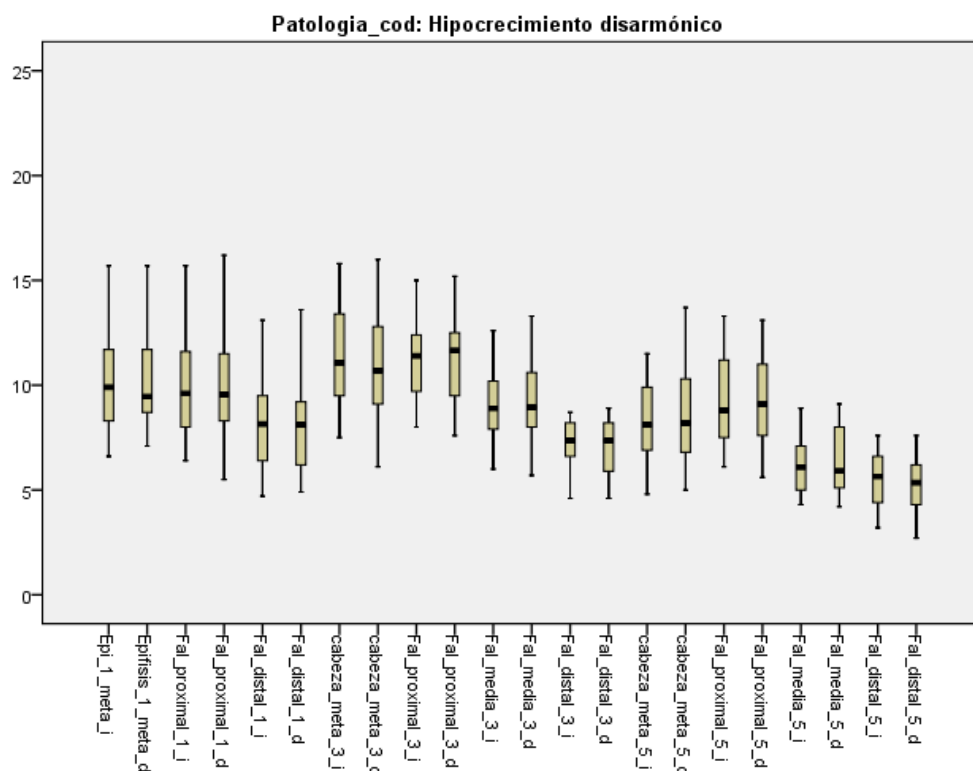


Gráfico 4.2.2.3.6A Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por patologías: hipocrecimiento disarmónico.

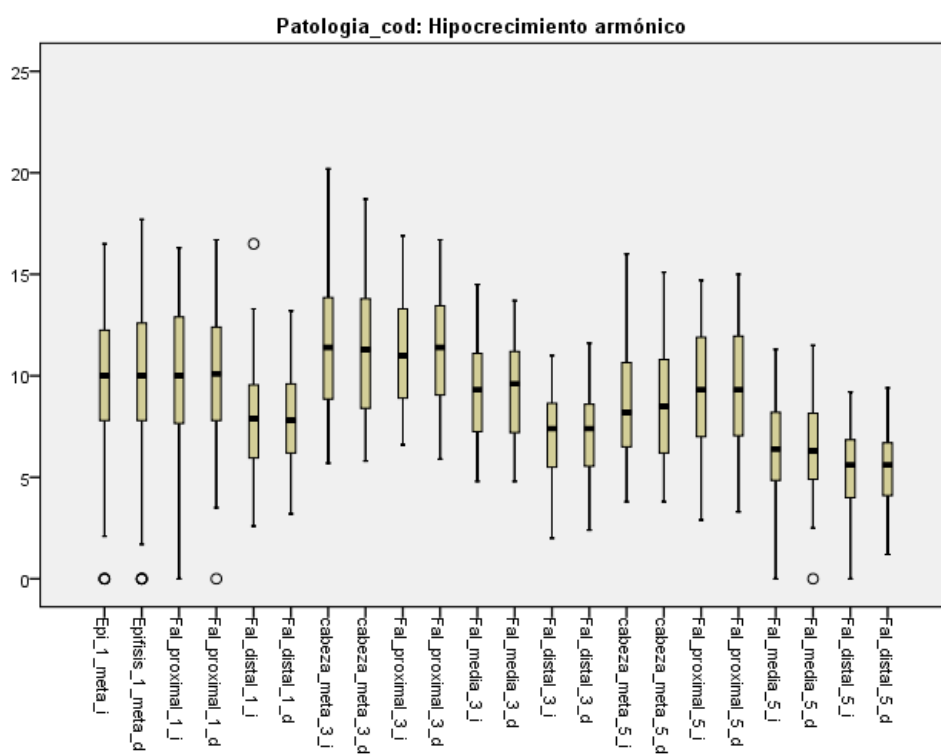


Gráfico 4.2.2.3.6B Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por patología: hipocrecimiento armónico.

	Patologia_cod											
	Hipoprecimiento disarmónico						Hipoprecimiento armónico					
	N	media	mínimo	máximo	DE	mediana	N	media	mínimo	máximo	DE	mediana
dif_Epifisis_1_meta	26	,0462	-1,20	1,10	,59007	,1000	102	-,1735	-1,50	1,50	,52217	-,1500
dif_Fal_proximal_1	26	-,0769	-1,80	,90	,62181	,0000	106	-,0075	-3,90	2,60	,85798	,1000
dif_Fal_distal_1	26	-,1154	-2,00	1,40	,81814	-,0500	107	-,0727	-4,10	3,90	,94483	-,1000
dif_cabeza_meta_3	26	,1077	-1,20	1,50	,63933	,0500	107	,1439	-1,60	3,00	,77181	,1000
dif_Fal_proximal_3	26	-,0192	-,70	,70	,43545	,0500	107	-,1084	-1,50	1,40	,49908	-,1000
dif_Fal_media_3	26	-,1000	-,80	,60	,36111	-,0500	107	-,0084	-1,20	1,60	,48274	,0000
dif_Fal_distal_3	26	-,0192	-,70	,80	,39701	-,1000	107	,0327	-1,20	4,40	,58290	,0000
dif_cabeza_meta_5	26	-,2769	-2,20	,70	,66049	-,2000	107	-,1000	-2,00	2,30	,66005	-,1000
dif_Fal_proximal_5	26	-,1654	-,90	1,00	,43995	-,2000	107	-,1589	-2,00	1,10	,46601	-,1000
dif_Fal_media_5	26	-,1000	-1,50	,60	,51769	-,0500	106	-,0585	-1,10	2,10	,47547	-,1000
dif_Fal_distal_5	26	,1192	-,70	1,60	,47161	,0000	106	,0226	-1,40	3,20	,66135	,0000

Tabla 4.2.2.3.7 Medidas estadísticas de distribución de las diferencias entre ambas manos (izquierda-derecha) de los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos, en la muestra por patologías: hipoprecimiento.

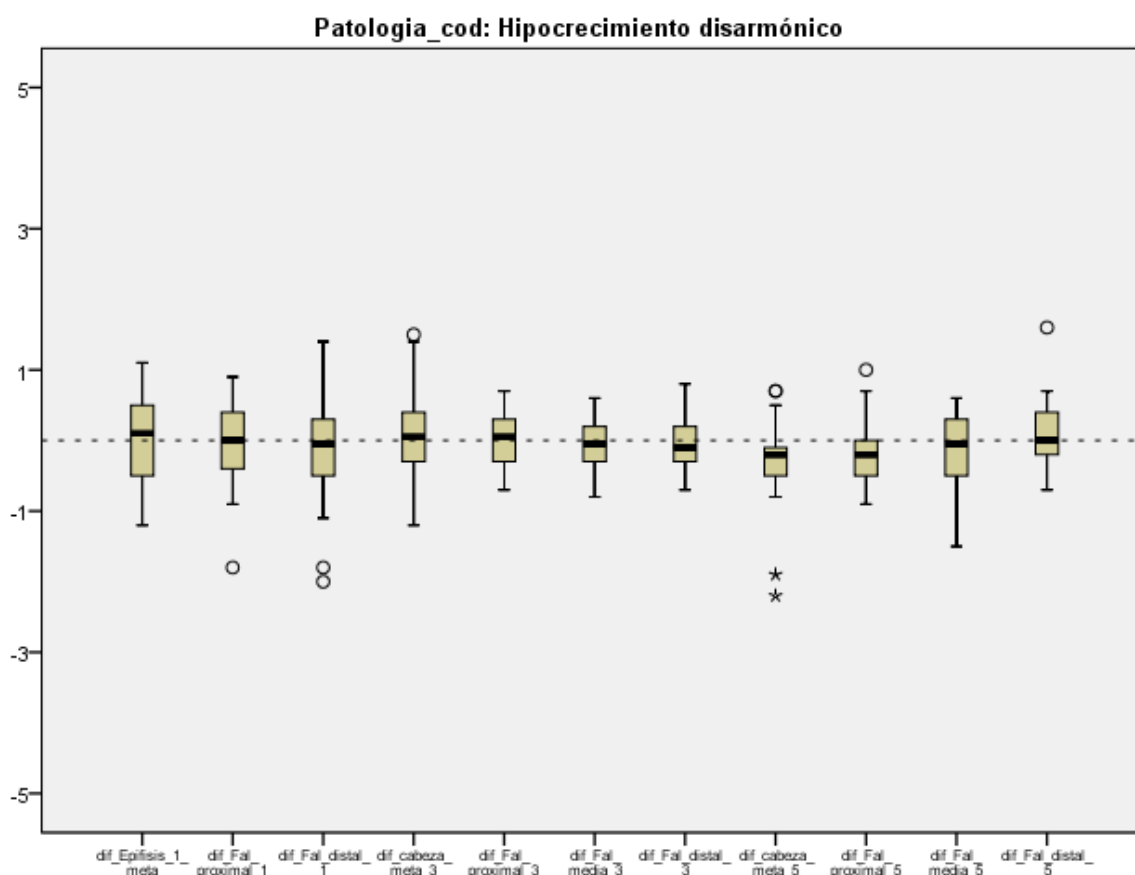


Gráfico 4.2.2.3.7A Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos en la muestra por patología: hipoprecimiento disarmónico.

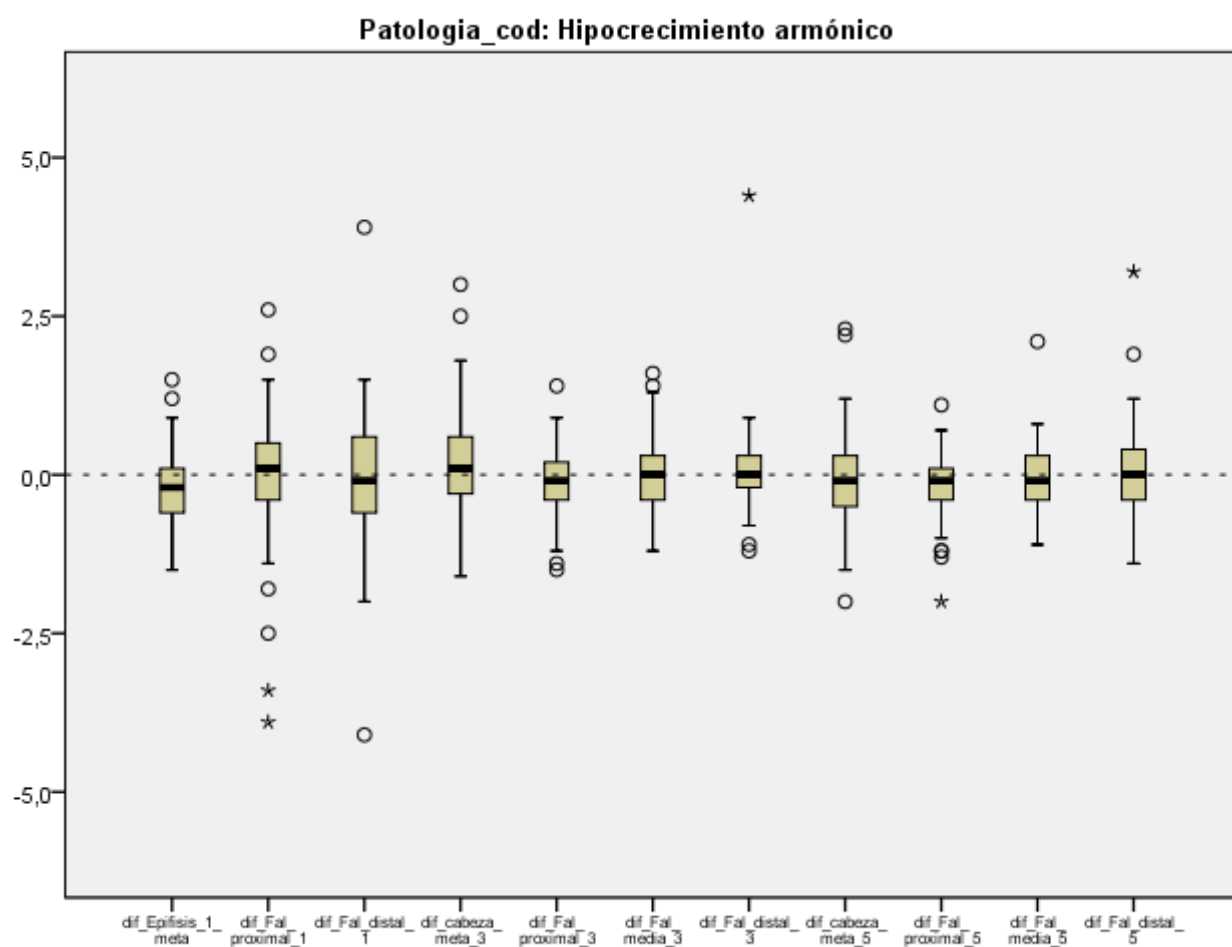


Gráfico 4.2.2.3.7B Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos en la muestra por patología: hipocrecimiento armónico.

## Muestra por grupos de edad

	Grupos de edad																	
	4 a 9,99						10 a 14,99						15 a 19,99					
	N	min	max	media	DE	mediana	N	min	max	media	DE	mediana	N	min	max	media	DE	mediana
Epi_1meta_i	74	7,50	,0	12,2	2,53	7,9	64	11,703	6,8	16,1	1,7350	11,800	16	14,006	11,7	16,5	1,5575	13,600
Epi_1meta_d	74	7,453	,0	11,7	2,59	7,9	64	11,908	7,6	16,5	1,6712	12,100	16	14,350	11,9	17,7	1,7115	13,950
FP1_i	74	7,624	,0	12,0	1,76	7,7	64	11,805	8,2	16,3	1,8345	11,700	16	13,438	10,3	16,0	1,4301	13,250
FP1_d	74	7,672	,0	11,9	1,81	8,0	64	11,739	7,9	16,7	1,6680	11,600	16	14,038	12,1	16,4	1,3316	14,000
FD1_i	74	6,141	2,6	9,0	1,47	6,1	64	8,961	5,3	13,1	1,5950	8,900	16	10,769	8,4	16,5	1,9390	10,450
FD1_d	74	6,1824	3,20	10,30	1,40	6,20	64	9,1747	6,60	13,60	1,39552	9,1500	16	11,0312	8,60	13,20	1,28516	10,7500
cabeza3_i	74	8,941	5,7	13,0	1,78	9,2	64	13,055	7,0	17,6	1,8864	13,000	16	16,544	13,4	20,2	2,0581	15,900
cabeza3_d	74	8,884	5,8	13,4	1,75	8,9	64	12,878	7,1	16,8	1,9815	12,800	16	16,194	13,2	18,7	1,6965	16,300
FP3_i	74	9,353	6,6	13,2	1,55	9,4	64	12,561	7,9	16,1	1,5601	12,600	16	14,719	12,4	16,9	1,4806	14,300
FP3_d	74	9,338	5,9	13,8	1,7367	9,400	64	12,764	8,5	15,8	1,5361	12,800	16	14,875	13,2	17,1	1,4201	14,500
FM3_i	74	7,561	4,8	11,0	1,3041	7,400	64	10,366	6,0	12,8	1,3318	10,500	16	12,238	10,4	14,5	1,0960	12,050
FM3_d	74	7,530	4,8	11,1	1,4992	7,400	64	10,466	6,5	13,3	1,2658	10,600	16	12,325	10,8	13,7	,8775	12,300
FD3_i	74	5,809	2,0	9,1	1,3459	5,900	64	8,150	5,2	10,9	,9702	8,200	16	9,500	8,1	11,0	,9274	9,150
FD3_d	74	5,750	2,4	8,5	1,3967	5,800	64	8,123	5,0	10,6	,9424	8,200	16	9,525	8,3	11,6	1,0624	9,250
cabeza5_i	74	6,630	3,8	9,7	1,3355	6,800	64	10,003	5,8	13,8	1,6610	10,200	16	12,606	9,8	16,0	1,7152	12,850
cabeza5_d	74	6,661	3,8	10,0	1,4007	6,650	64	10,161	5,6	13,7	1,7968	10,300	16	12,775	10,5	15,1	1,5049	12,700
FP5_i	74	7,242	2,9	11,1	1,5141	7,300	64	10,878	6,2	13,7	1,6863	11,150	16	13,075	11,2	14,8	1,1829	12,900
FP5_d	74	7,349	3,3	11,9	1,5608	7,250	64	11,091	6,4	13,9	1,6940	11,250	16	13,269	11,6	15,4	1,1603	13,050
FM5_i	74	4,973	,0	8,0	1,2122	4,950	64	7,513	4,7	10,1	1,2227	7,600	16	9,225	7,5	11,3	1,0050	9,050
FM5_d	74	5,041	,0	8,2	1,1901	5,050	64	7,566	4,1	10,0	1,3202	7,700	16	9,344	7,7	11,5	1,0000	9,250
FD5_i	74	4,196	,0	6,9	1,2704	4,100	64	6,384	3,6	9,2	1,0307	6,550	16	7,606	6,2	9,7	,9733	7,350
FD5_d	74	4,186	1,2	6,8	1,2130	4,250	64	6,367	3,6	8,6	1,0046	6,500	16	7,294	3,9	9,9	1,5013	7,250

Tabla 4.2.2.3.8 Medidas estadísticas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por patologías: grupos de edad.

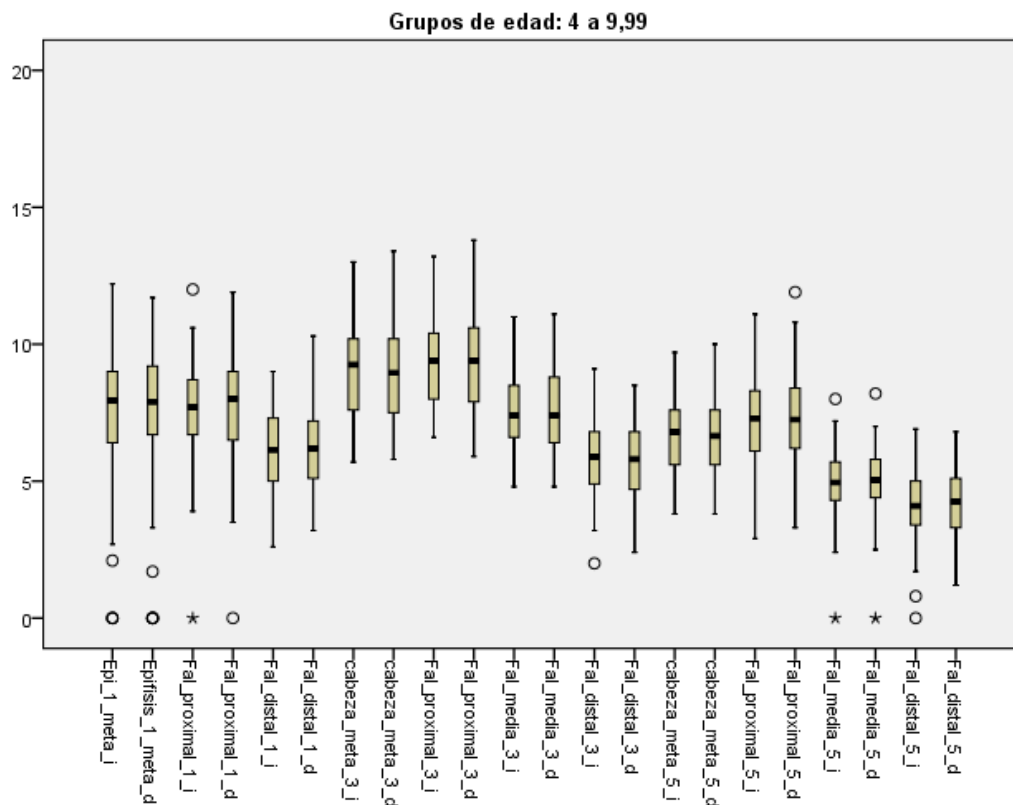


Gráfico 4.2.2.3.8A Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por grupo de edad de 4 a 9 años.

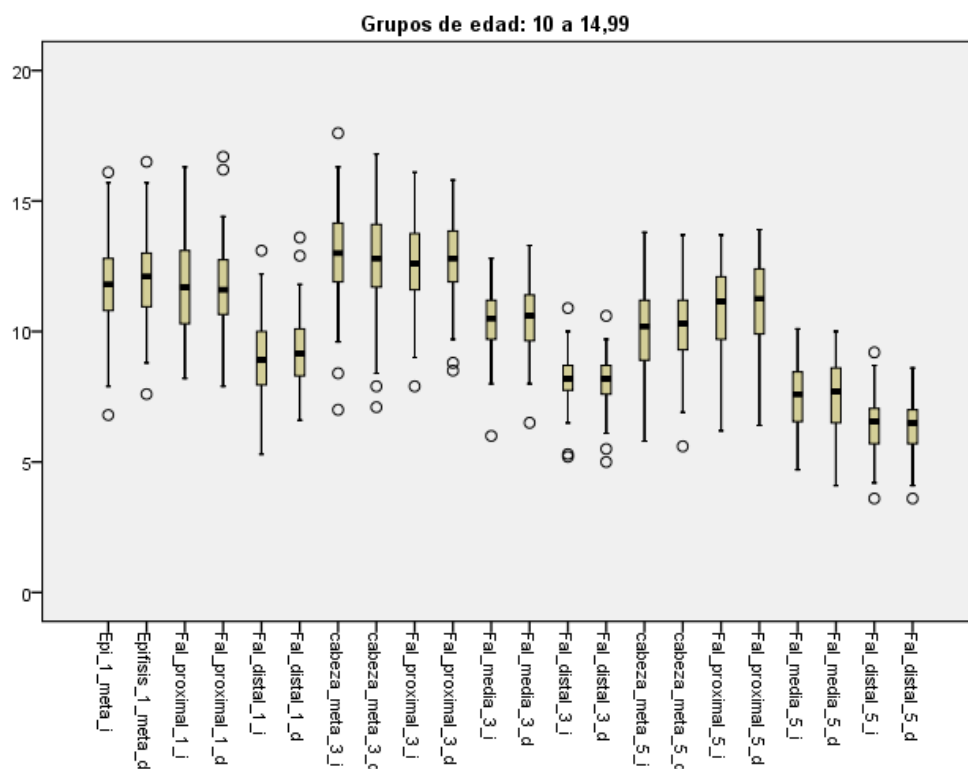


Gráfico 4.2.2.3.8B Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por grupo de edad de 10 a 14 años.

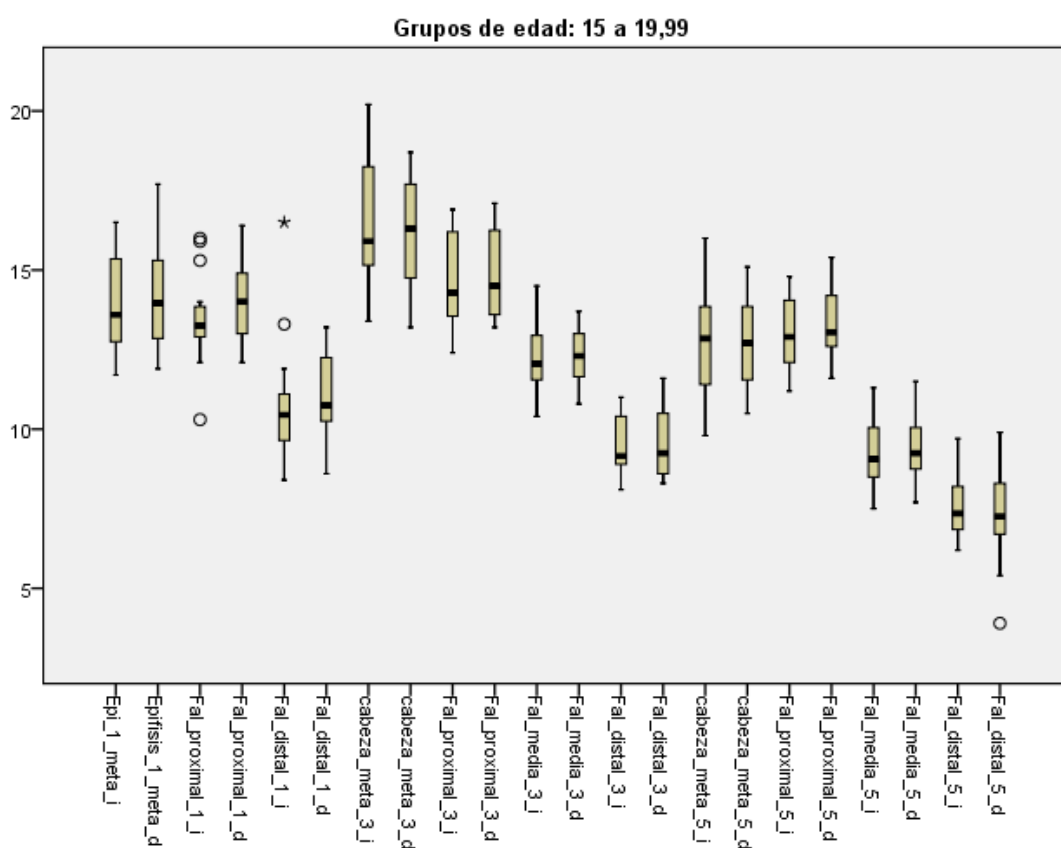


Gráfico 4.2.2.3.8C Diagramas de cajas de distribución del diámetro máximo de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos, en la muestra por grupo de edad de 15 a 14 años.

	Grupos de edad																	
	4 a 9,99						10 a 14,99						15 a 19,99					
	N	media	min	max	DE	mediana	N	media	min	max	DE	mediana	N	media	min	max	DE	mediana
dif_Epi1meta	69	,0188	-1,50	2,30	,60810	,0000	64	-,2047	-1,20	1,20	,54202	-,2500	16	-,3437	-1,50	,50	,48300	-,3000
dif_FP1	73	-,0479	-2,50	,90	,62497	,0000	64	,0656	-1,80	2,60	,75744	,1000	16	-,6000	-3,90	,80	1,33716	-,3500
dif_FD1	74	-,0419	-1,40	1,40	,65522	-,1000	64	-,2138	-4,10	1,50	,97994	-,2500	16	-,2625	-1,80	3,90	1,37350	-,5500
dif_cabeza3	74	,0568	-1,40	1,50	,56498	,0500	64	,1766	-1,60	3,00	,83338	,1000	16	,3500	-1,20	1,80	,94092	,4000
dif_FP3	74	,0149	-1,50	1,90	,53396	,1000	64	-,2031	-1,40	,80	,45634	-,2000	16	-,1563	-1,00	,60	,40656	-,1000
dif_FM3	74	,0311	-1,20	1,40	,47970	,0000	64	-,1000	-1,10	1,60	,46222	-,1000	16	-,0875	-,50	,80	,31596	-,1000
dif_FD3	74	,0595	-1,20	4,40	,67050	,0000	64	,0266	-,80	,90	,38058	,0000	16	-,0250	-,60	,60	,33367	-,0500
dif_cabeza5	74	-,0311	-1,10	2,20	,56251	-,1000	64	-,1578	-2,20	1,50	,70571	-,2000	16	-,1688	-2,00	2,30	,97209	-,2000
dif_FP5	74	-,1068	-2,00	1,10	,49748	-,1000	64	-,2125	-2,70	1,00	,51931	-,2000	16	-,1938	-,80	,70	,41708	-,3500
dif_FM5	73	-,0685	-1,10	1,00	,45457	-,1000	64	-,0531	-1,50	2,10	,51145	-,1000	16	-,1187	-,80	,80	,44754	-,2000
dif_FD5	73	,0384	-1,40	3,20	,68569	,0000	64	,0172	-1,30	1,90	,53735	,0000	16	,3125	-,80	4,20	1,15463	,0000

Tabla 4.2.2.3.9 Medidas estadísticas de distribución de las diferencias entre ambas manos (izquierda-derecha) de los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos, en la muestra por grupos de edad.

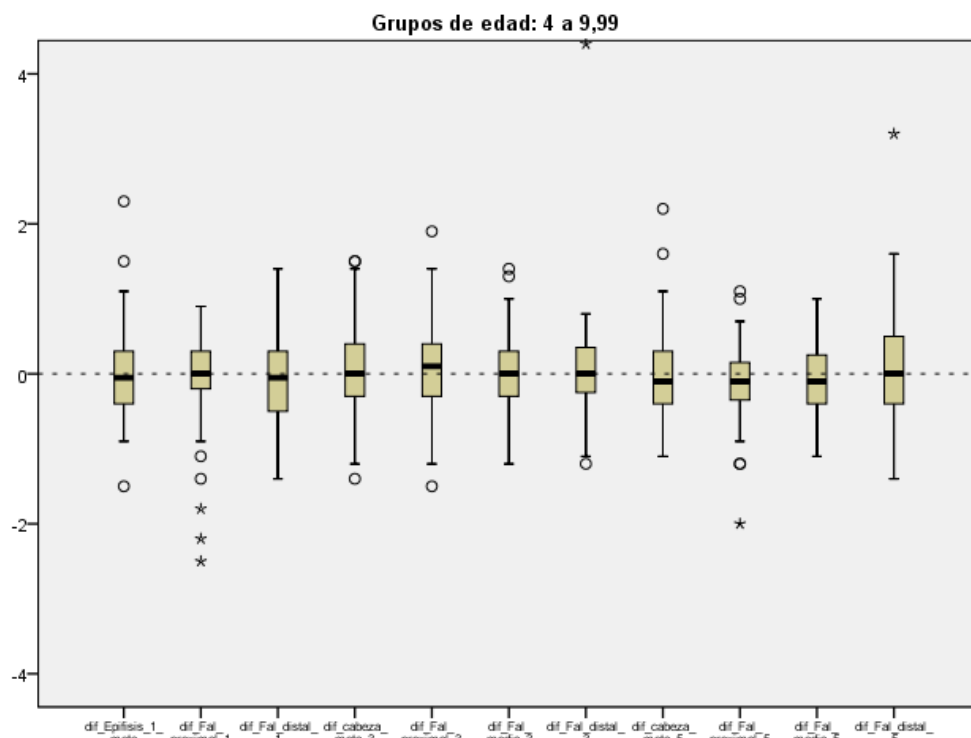


Gráfico 4.2.2.3.9A Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> dedos de ambas manos en la muestra por grupo de edad de 4 a 9 años.

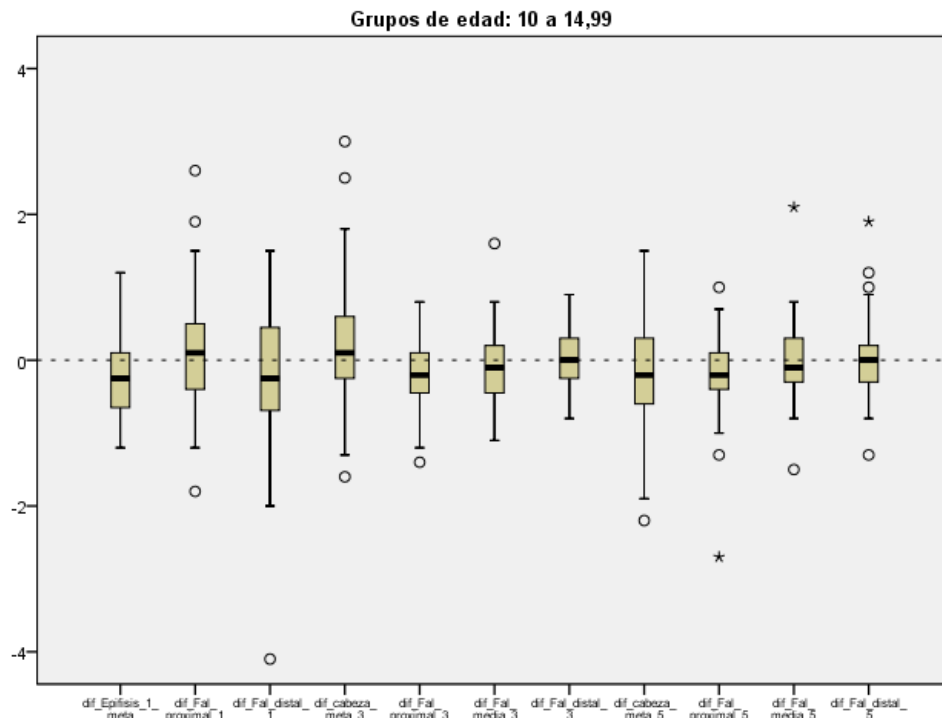


Gráfico 4.2.2.3.9B Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3° y 5° dedos de ambas manos en la muestra por grupo de edad de 10 a 14 años.

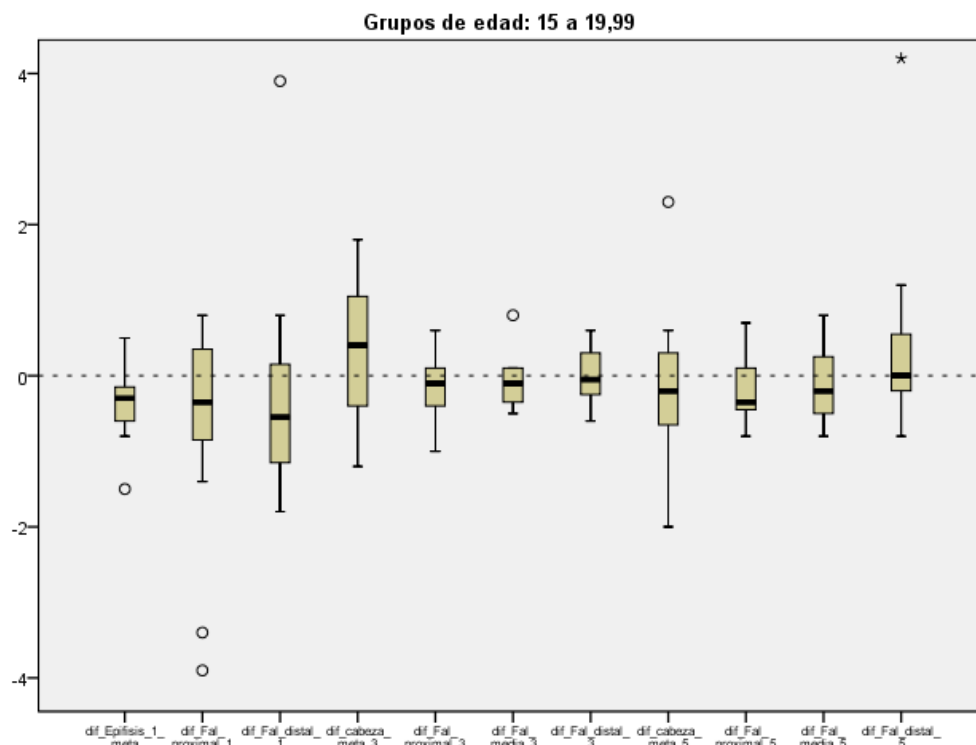


Gráfico 4.2.2.3.9C Diagramas de cajas de distribución de las diferencias entre los diámetros máximos de las epífisis del 1<sup>er</sup>, 3° y 5° dedos de ambas manos en la muestra por grupo de edad de 15 a 19 años.



#### 4.2.2.4 Estadística inferencial

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
dif_grande	-,340	153	,734	-,02532	-,1723	,1216
dif_ganchoso	-,792	153	,430	-,05487	-,1918	,0820
dif_piramidal	-,492	149	,624	-,04133	-,2075	,1248
dif_pisiforme	,719	79	,474	,11725	-,2075	,4420
dif_semilunar	1,452	142	,149	,15734	-,0568	,3715
dif_escafoides	1,983	129	,049	,25000	,0006	,4994
dif_trapecio	,288	134	,774	,03111	-,1826	,2448
dif_trapezoide	1,285	135	,201	,12794	-,0690	,3248
dif_Cubito	-1,834	121	,069	-,20492	-,4261	,0163
dif_Radio	-,932	153	,353	-,07662	-,2391	,0859
dif_Epifisis_1_meta	-2,445	148	,016	-,11611	-,2100	-,0223
dif_Fal_proximal_1	-,902	152	,369	-,05817	-,1856	,0693
dif_Fal_distal_1	-1,898	153	,060	-,13623	-,2781	,0056
dif_cabeza_meta_3	2,328	153	,021	,13701	,0207	,2533
dif_Fal_proximal_3	-2,325	153	,021	-,09351	-,1730	-,0140
dif_Fal_media_3	-,963	153	,337	-,03571	-,1090	,0375
dif_Fal_distal_3	,859	153	,392	,03701	-,0481	,1221
dif_cabeza_meta_5	-1,808	153	,073	-,09805	-,2052	,0091
dif_Fal_proximal_5	-3,974	153	,000	-,15974	-,2392	-,0803
dif_Fal_media_5	-1,750	152	,082	-,06732	-,1433	,0087
dif_Fal_distal_5	1,037	152	,301	,05817	-,0527	,1690

Tabla 4.2.2.4.1 Prueba de muestra única. Muestra global.

Sexo		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Mujer	dif_grande	,965	72	,338	,10548	-,1124	,3234
	dif_ganchoso	1,500	72	,138	,13973	-,0460	,3255
	dif_piramidal	,012	71	,990	,00139	-,2207	,2235
	dif_pisiforme	2,658	42	,011	,44837	,1079	,7889
	dif_semilunar	2,670	68	,009	,37681	,0952	,6584
	dif_escafoides	,789	64	,433	,13231	-,2027	,4673
	dif_trapecio	,376	67	,708	,05588	-,2407	,3524
	dif_trapezoide	,433	67	,666	,05147	-,1857	,2886
	dif_Cubito	-1,620	60	,111	-,19508	-,4360	,0458
	dif_Radio	-1,030	72	,306	-,10274	-,3015	,0960
	dif_Epifisis_1_meta	-1,392	71	,168	-,09444	-,2297	,0408
	dif_Fal_proximal_1	-,907	72	,368	-,06986	-,2235	,0838
	dif_Fal_distal_1	-,951	72	,345	-,08082	-,2502	,0886
	dif_cabeza_meta_3	,388	72	,699	,03288	-,1359	,2017
	dif_Fal_proximal_3	-2,166	72	,034	-,11781	-,2262	-,0094
	dif_Fal_media_3	-1,618	72	,110	-,08082	-,1804	,0187
	dif_Fal_distal_3	,218	72	,828	,00822	-,0671	,0835
	dif_cabeza_meta_5	-1,838	72	,070	-,15479	-,3227	,0131
	dif_Fal_proximal_5	-2,462	72	,016	-,13151	-,2380	-,0250
	dif_Fal_media_5	-1,734	72	,087	-,09863	-,2120	,0148
	dif_Fal_distal_5	,360	72	,720	,02603	-,1180	,1700

Tabla 4.2.2.4.2A Prueba de muestra única. Muestra por sexo: mujer.

Sexo		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Varón	dif_grande	-1,428	80	,157	-,14321	-,3428	,0564
	dif_ganchoso	-2,349	80	,021	-,23025	-,4253	-,0352
	dif_piramidal	-,644	77	,521	-,08077	-,3304	,1688
	dif_pisiforme	-,946	36	,351	-,26757	-,8414	,3063
	dif_semilunar	-,295	73	,769	-,04730	-,3664	,2718
	dif_escafoides	1,952	64	,055	,36769	-,0087	,7441
	dif_trapecio	,038	66	,970	,00597	-,3096	,3216
	dif_trapezoide	1,276	67	,206	,20441	-,1152	,5241
	dif_Cubito	-1,134	60	,261	-,21475	-,5934	,1639
	dif_Radio	-,413	80	,681	-,05309	-,3089	,2027
	dif_Epifisis_1_meta	-2,040	76	,045	-,13636	-,2695	-,0032
	dif_Fal_proximal_1	-,466	79	,642	-,04750	-,2502	,1552
	dif_Fal_distal_1	-1,644	80	,104	-,18617	-,4115	,0391
	dif_cabeza_meta_3	2,852	80	,006	,23086	,0698	,3919
	dif_Fal_proximal_3	-1,216	80	,228	-,07160	-,1888	,0456
	dif_Fal_media_3	,091	80	,928	,00494	-,1028	,1127
	dif_Fal_distal_3	,843	80	,401	,06296	-,0856	,2115
	dif_cabeza_meta_5	-,672	80	,503	-,04691	-,1858	,0920
	dif_Fal_proximal_5	-3,111	80	,003	-,18519	-,3036	-,0667
	dif_Fal_media_5	-,741	79	,461	-,03875	-,1428	,0653
	dif_Fal_distal_5	1,030	79	,306	,08750	-,0817	,2567

Tabla 4.2.2.4.2B Prueba de muestra única. Muestra por sexo: varón.

Patologia_cod		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Hipocrecimiento disarmónico	dif_grande	-,892	25	,381	-,10769	-,3564	,1410
	dif_ganchoso	-,903	25	,375	-,21154	-,6942	,2712
	dif_piramidal	-,448	25	,658	-,15385	-,8610	,5533
	dif_pisiforme	,208	10	,839	,11818	-1,1468	1,3832
	dif_semilunar	,269	23	,791	,06250	-,4189	,5439
	dif_escafoides	1,557	23	,133	,42917	-,1411	,9994
	dif_trapecio	,100	22	,921	,02174	-,4293	,4728
	dif_trapezoide	1,081	22	,291	,35217	-,3235	1,0279
	dif_Cubito	-1,225	21	,234	-,31364	-,8461	,2188
	dif_Radio	,084	25	,934	,01923	-,4508	,4893
	dif_Epifisis_1_meta	,399	25	,693	,04615	-,1922	,2845
	dif_Fal_proximal_1	-,631	25	,534	-,07692	-,3281	,1742
	dif_Fal_distal_1	-,719	25	,479	-,11538	-,4458	,2151
	dif_cabeza_meta_3	,859	25	,399	,10769	-,1505	,3659
	dif_Fal_proximal_3	-,225	25	,824	-,01923	-,1951	,1567
	dif_Fal_media_3	-1,412	25	,170	-,10000	-,2459	,0459
	dif_Fal_distal_3	-,247	25	,807	-,01923	-,1796	,1411
	dif_cabeza_meta_5	-2,138	25	,042	-,27692	-,5437	-,0101
	dif_Fal_proximal_5	-1,917	25	,067	-,16538	-,3431	,0123
	dif_Fal_media_5	-,985	25	,334	-,10000	-,3091	,1091
	dif_Fal_distal_5	1,289	25	,209	,11923	-,0713	,3097

Tabla 4.2.2.4.3A Prueba de muestra única. Muestra por patología: hipocrecimiento disarmónico.

Patologia_cod		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Hipocrecimiento armónico	dif_grande	,431	106	,667	,03645	-,1313	,2042
	dif_ganchoso	,045	106	,965	,00327	-,1422	,1487
	dif_piramidal	,203	102	,840	,01553	-,1366	,1677
	dif_pisiforme	,070	58	,945	,01322	-,3659	,3924
	dif_semilunar	1,060	97	,292	,13776	-,1201	,3956
	dif_escafoides	,316	84	,753	,04941	-,2614	,3602
	dif_trapecio	-,046	90	,963	-,00659	-,2888	,2757
	dif_trapezoide	,724	92	,471	,08387	-,1463	,3141
	dif_Cubito	-2,642	79	,010	-,29125	-,5106	-,0719
	dif_Radio	-,972	106	,333	-,09252	-,2812	,0962
	dif_Epifisis_1_meta	-3,356	101	,001	-,17353	-,2761	-,0710
	dif_Fal_proximal_1	-,091	105	,928	-,00755	-,1728	,1577
	dif_Fal_distal_1	-,796	106	,428	-,07271	-,2538	,1084
	dif_cabeza_meta_3	1,929	106	,056	,14393	-,0040	,2919
	dif_Fal_proximal_3	-2,247	106	,027	-,10841	-,2041	-,0128
	dif_Fal_media_3	-,180	106	,857	-,00841	-,1009	,0841
	dif_Fal_distal_3	,580	106	,563	,03271	-,0790	,1444
	dif_cabeza_meta_5	-1,567	106	,120	-,10000	-,2265	,0265
	dif_Fal_proximal_5	-3,527	106	,001	-,15888	-,2482	-,0696
	dif_Fal_media_5	-1,267	105	,208	-,05849	-,1501	,0331
	dif_Fal_distal_5	,352	105	,725	,02264	-,1047	,1500

Tabla 4.2.2.4.3B Prueba de muestra única. Muestra por patología: hipocrecimiento armónico.

Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
4 a 9,99	dif_grande	,783	73	,436	,05676	-,0877	,2012
	dif_ganchoso	,030	73	,976	,00270	-,1759	,1813
	dif_piramidal	,605	69	,547	,06857	-,1576	,2948
	dif_pisiforme	3,850	9	,004	,89000	,3671	1,4129
	dif_semilunar	,870	62	,388	,08413	-,1092	,2775
	dif_escafoides	1,346	50	,184	,20588	-,1014	,5131
	dif_trapecio	-,150	54	,881	-,02364	-,3393	,2921
	dif_trapezoide	1,186	55	,241	,13036	-,0900	,3507
	dif_Cubito	-1,173	42	,247	-,24419	-,6641	,1758
	dif_Radio	1,003	73	,319	,12027	-,1187	,3593
	dif_Epifisis_1_meta	,257	68	,798	,01884	-,1272	,1649
	dif_Fal_proximal_1	-,655	72	,514	-,04795	-,1938	,0979
	dif_Fal_distal_1	-,550	73	,584	-,04189	-,1937	,1099
	dif_cabeza_meta_3	,864	73	,390	,05676	-,0741	,1877
	dif_Fal_proximal_3	,239	73	,811	,01486	-,1088	,1386
	dif_Fal_media_3	,557	73	,579	,03108	-,0801	,1422
	dif_Fal_distal_3	,763	73	,448	,05946	-,0959	,2148
	dif_cabeza_meta_5	-,475	73	,636	-,03108	-,1614	,0992
	dif_Fal_proximal_5	-1,846	73	,069	-,10676	-,2220	,0085
	dif_Fal_media_5	-1,287	72	,202	-,06849	-,1746	,0376
	dif_Fal_distal_5	,478	72	,634	,03836	-,1216	,1983

Tabla 4.2.2.4.4A Prueba de muestra única. Muestra por grupo de edad de 4 a 9 años.

Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
10 a 14,99	dif_grande	-,088	63	,930	-,01250	-,2960	,2710
	dif_ganchoso	-,878	63	,383	-,09141	-,2994	,1166
	dif_piramidal	-,952	63	,345	-,13281	-,4115	,1459
	dif_pisiforme	,070	53	,945	,01444	-,4003	,4292
	dif_semilunar	1,639	63	,106	,30313	-,0665	,6727
	dif_escafoides	1,286	62	,203	,25714	-,1426	,6569
	dif_trapecio	,985	63	,328	,17344	-,1783	,5252
	dif_trapezoide	,798	63	,428	,13437	-,2020	,4707
	dif_Cubito	-1,356	62	,180	-,20794	-,5144	,0985
	dif_Radio	-1,913	63	,060	-,24375	-,4984	,0109
	dif_Epifisis_1_meta	-3,021	63	,004	-,20469	-,3401	-,0693
	dif_Fal_proximal_1	,693	63	,491	,06563	-,1236	,2548
	dif_Fal_distal_1	-1,745	63	,086	-,21375	-,4585	,0310
	dif_cabeza_meta_3	1,695	63	,095	,17656	-,0316	,3847
	dif_Fal_proximal_3	-3,561	63	,001	-,20312	-,3171	-,0891
	dif_Fal_media_3	-1,731	63	,088	-,10000	-,2155	,0155
	dif_Fal_distal_3	,558	63	,579	,02656	-,0685	,1216
	dif_cabeza_meta_5	-1,789	63	,078	-,15781	-,3341	,0185
	dif_Fal_proximal_5	-3,274	63	,002	-,21250	-,3422	-,0828
	dif_Fal_media_5	-,831	63	,409	-,05313	-,1809	,0746
	dif_Fal_distal_5	,256	63	,799	,01719	-,1170	,1514

Tabla 4.2.2.4.4B Prueba de muestra única. Muestra por grupo de edad de 10 a 14 años

Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
15 a 19,99	dif_grande	-1,696	15	,110	-,45625	-1,0295	,1170
	dif_ganchoso	-,537	15	,599	-,17500	-,8696	,5196
	dif_piramidal	-,607	15	,553	-,15625	-,7049	,3924
	dif_pisiforme	-,050	15	,961	-,01875	-,8236	,7861
	dif_semilunar	-,273	15	,788	-,13750	-1,2099	,9349
	dif_escafoides	,792	15	,441	,36250	-,6129	1,3379
	dif_trapecio	-1,832	15	,087	-,35000	-,7572	,0572
	dif_trapezoide	,263	15	,796	,09375	-,6660	,8535
	dif_Cubito	-,363	15	,722	-,08750	-,6015	,4265
	dif_Radio	-1,511	15	,152	-,31875	-,7685	,1310
	dif_Epifisis_1_meta	-2,847	15	,012	-,34375	-,6011	-,0864
	dif_Fal_proximal_1	-1,795	15	,093	-,60000	-1,3125	,1125
	dif_Fal_distal_1	-,764	15	,456	-,26250	-,9944	,4694
	dif_cabeza_meta_3	1,488	15	,157	,35000	-,1514	,8514
	dif_Fal_proximal_3	-1,537	15	,145	-,15625	-,3729	,0604
	dif_Fal_media_3	-1,108	15	,285	-,08750	-,2559	,0809
	dif_Fal_distal_3	-,300	15	,769	-,02500	-,2028	,1528
	dif_cabeza_meta_5	-,694	15	,498	-,16875	-,6867	,3492
	dif_Fal_proximal_5	-1,858	15	,083	-,19375	-,4160	,0285
	dif_Fal_media_5	-1,061	15	,305	-,11875	-,3572	,1197
	dif_Fal_distal_5	1,083	15	,296	,31250	-,3028	,9278

Tabla 4.2.2.4.4C Prueba de muestra única. Muestra por grupo de edad de 15 a 19 años

Hueso	Muestra global	Muestra por sexo	Muestra por patología Hipocrecimiento	Muestra por grupo de edad	Mano mayor tamaño	Promedio mm /[IC 95% ]	Sig. (bilateral)
Ganchoso	x	♂	x	x	Derecha	-0,23 [-0,42 a -0,03]	0,021
Semilunar	x	♀	x	x	Izquierda	0,37 [0,09 a 0,65]	0,009
Escafoides		x	x	x	Izquierda	0,25 [0,0006 a 0,49]	0,049
Pisiforme	x	♀	x	4 a 9 años (n=9)	Izquierda	0,44 [0,10 a 0,78]	0,011
					Izquierda	0,89 [0,36 a 1,41]	0,004
Cúbito	x	x	H. armónico	x	Derecha	-0,29 [-0,51 a -0,71]	0,001
Epífisis 1 <sup>er</sup> dedo		♂	H. armónico	10 a 14 años 15 a 19 años	Derecha	-0,11 [-0,21 a -0,02]	0,016
					Derecha	-0,13 [-0,26 a -0,003]	0,045
					Derecha	-0,17 [-0,27 a -0,07]	0,001
					Derecha	-0,20 [-0,34 a -0,06]	0,004
					Derecha	-0,34 [-0,60 a -0,08]	0,012
Cabeza 3 <sup>er</sup> meta		♂	x	x	Izquierda	0,13 [0,02 a 0,25]	0,021
					Izquierda	0,33 [0,06 a 0,39]	0,006
Falange proximal 3 <sup>er</sup> dedo		♀	H. armónico	10 a 14 años	Derecha	-0,09 [-0,17 a -0,01]	0,021
					Derecha	-0,11 [-0,22 a -0,009]	0,034
					Derecha	-0,10 [-0,20 a -0,12]	0,027
					Derecha	-0,20 [-0,31 a -0,08]	0,001
Cabeza 5 <sup>o</sup> meta	x	x	H. disarmónico	x	Derecha	-0,27 [-0,54 a -0,01]	0,042
Falange proximal 5 <sup>o</sup> dedo		♂ ♀	H. armónico	10 a 14 años	Derecha	-0,15 [-0,23 a -0,08]	0,000
					Derecha	-0,18 [-0,30 a -0,06]	0,003
					Derecha	-0,13 [-0,23 a -0,02]	0,016
					Derecha	-0,15 [-0,24 a -0,06]	0,001
					Derecha	-0,21 [-0,34 a -0,08]	0,002

Tabla 4.2.3. Resultados de las diferencias significativas de la longitud máxima de los huesos entre mano izquierda y derecha encontradas en la muestra global, por sexo, patología y grupo de edad.

4.2.3 Comparación de las edades óseas de ambas manos

4.2.3.1 Muestra global

	EOGPi	EOGPd	EOICi	EOICd	EOIMFi	EOIMFd	EOICMFi	EOICMFd	Dif_GP	Dif_IC	Dif_IMF	Dif_ICMF
N	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Mínimo	2,00	2,00	1,53	1,23	2,93	2,84	2,33	2,24	-1,00	-,84	-1,28	-1,04
Máximo	18,00	18,00	15,01	15,10	16,44	16,39	16,28	15,90	1,00	,76	,65	,52
Media	10,16	10,14	8,88	8,83	9,74	9,81	9,58	9,58	,029	,05	-,06	-,003
DE	4,19	4,18	3,68	3,73	3,16	3,22	3,39	3,44	,19	,30	,28	,26
Mediana	10,00	10,00	9,01	9,04	9,69	9,68	9,63	9,53	,00	,08	-,06	,02

Tabla 4.2.3.1 Medidas estadísticas de distribución de edades óseas de ambas manos y de las diferencias de edad ósea entre la mano izquierda y la derecha en la muestra global.

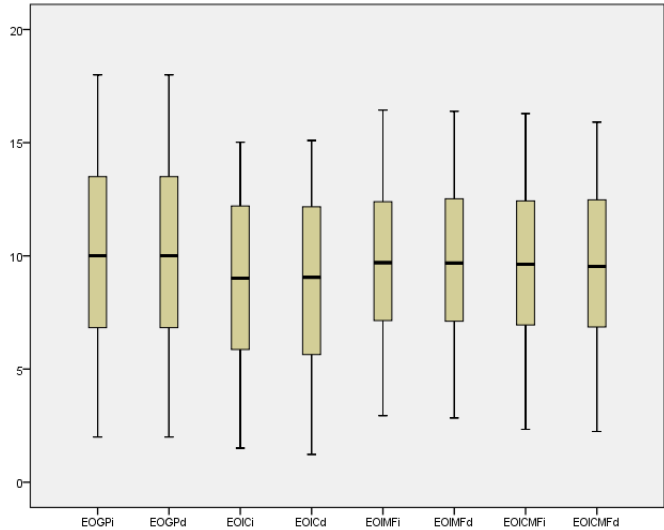


Gráfico 4.2.3.1A Diagramas de cajas de distribución de edades óseas (en años) de ambas manos, en la muestra global.

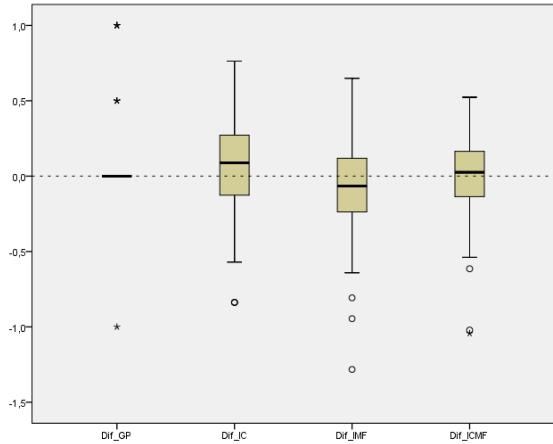


Gráfico 4.2.3.1B Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de edades óseas entre ambas manos, en la muestra global.

### 4.2.3.2 Muestra por sexo

Sexo		EOGPi	EOGPd	EOICi	EOICd	EOIMFi	EOIMFd	EOICMFi	EOICMFd	Dif_GP	Dif_IC	Dif_IMF	Dif_ICMF
Mujer	N	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
	Mínimo	2,00	2,00	1,69	1,46	2,93	2,84	2,33	2,24	-1,00	-,56	-,95	-,54
	Máximo	18,00	18,00	15,01	15,10	15,16	15,42	15,17	15,26	1,00	,76	,54	,52
	Media	10,42	10,39	9,69	9,62	9,71	9,80	9,63	9,62	,02	,07	-,08	,015
	DE	4,31	4,31	3,53	3,55	3,08	3,16	3,32	3,36	,218	,28	,27	,24
	Mediana	10,00	10,00	10,17	9,73	10,32	10,27	9,97	9,93	,00	,07	-,09	,05
Varón	N	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
	Mínimo	2,00	2,00	1,50	1,23	3,68	3,60	3,18	3,14	,00	-,84	-1,28	-1,04
	Máximo	18,00	18,00	15,00	14,71	16,44	16,39	16,28	15,90	1,00	,62	,65	,47
	Media	9,94	9,91	8,16	8,11	9,77	9,82	9,53	9,55	,03	,04	-,04	-,02
	DE	4,09	4,08	3,69	3,76	3,24	3,29	3,47	3,52	,16	,32	,30	,27
	Mediana	10,00	10,00	8,04	8,09	9,67	9,63	9,33	9,45	,00	,10	-,015	,008

Tabla 4.2.3.2 Medidas estadísticas de distribución de edades óseas y de sus diferencias en la muestra por sexos de radiografías de ambas manos.

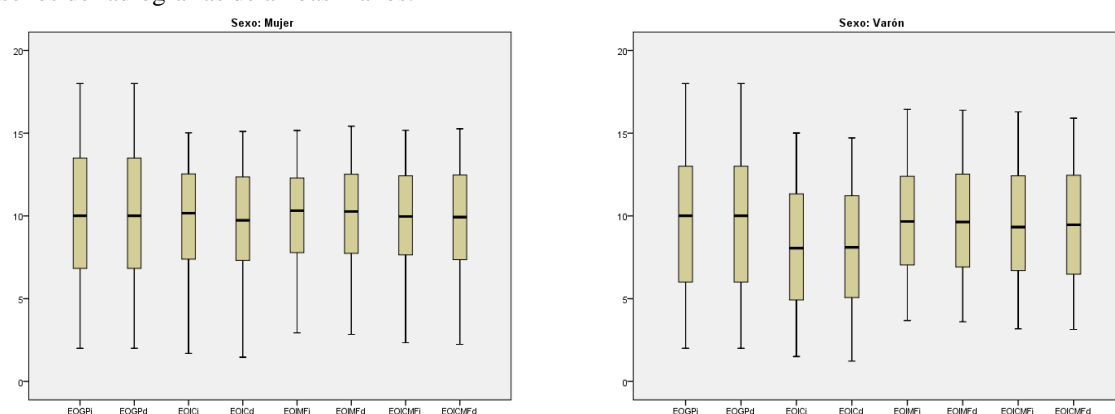


Gráfico 4.2.3.2A Diagramas de cajas de distribución de edades óseas de ambas manos (en años) en la muestra por sexo.

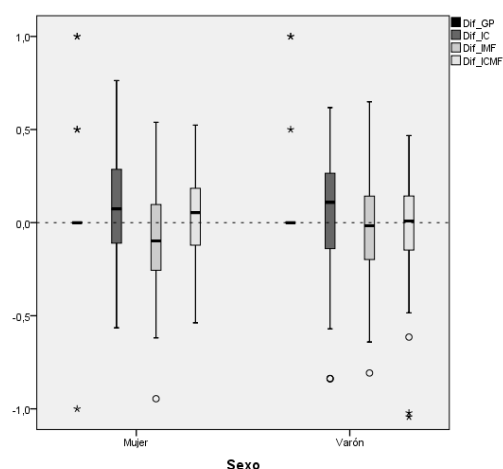


Gráfico 4.2.3.2B Diagramas de cajas de distribución de edades óseas de ambas manos y de las diferencias (en años) en la muestra por sexo.

### 4.2.3.3 Muestra por patología

Patologia_cod		EOGPi	EOGPd	EOICi	EOICd	EOIMFi	EOIMFd	EOICMFi	EOICMFd	Dif_GP	Dif_IC	Dif_IMF	Dif_ICMF
Hipocrecimiento disarmónico	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Mínimo	5,00	5,00	3,11	2,88	6,11	6,09	5,04	4,95	,00	-,57	-,95	-,54
	Máximo	15,00	15,00	13,28	13,31	13,87	14,32	14,28	14,20	,50	,69	,44	,50
	Media	9,87	9,85	8,76	8,69	9,64	9,71	9,49	9,50	,01	,07	-,07	-,007
	DE	3,02	3,00	3,15	3,21	2,32	2,44	2,65	2,74	,09	,318	,30	,26
	Mediana	10,00	10,00	8,65	8,55	9,64	9,78	9,36	9,38	,00	,03	-,03	,00
Hipocrecimiento armónico	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
	Mínimo	2,00	2,00	1,51	1,23	2,94	2,84	2,34	2,24	-1,00	-,84	-1,28	-1,04
	Máximo	18,00	18,00	15,02	15,10	16,44	16,39	16,29	15,91	1,00	,76	,65	,52
	Media	10,26	10,23	8,83	8,79	9,71	9,78	9,53	9,54	,02	,04	-,06	-,009
	DE	4,51	4,50	3,92	3,95	3,41	3,45	3,65	3,68	,20	,30	,28	,27
	Mediana	10,00	10,00	9,50	9,22	9,71	9,72	9,63	9,58	,00	,08	-,07	,03
Hipercrecimiento	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mínimo	8,83	8,83	9,03	9,04	9,09	9,08	8,99	8,98	,00	-,51	-,40	-,46
	Máximo	18,00	18,00	14,55	14,71	16,04	15,93	15,79	15,82	,00	-,01	,11	,01
	Media	14,27	14,27	12,32	12,55	13,12	13,21	12,78	12,94	,00	-,22	-,09	-,15
	DE	4,82	4,82	2,90	3,07	3,60	3,63	3,46	3,55	,00	,25	,26	,25
	Mediana	16,00	16,00	13,39	13,91	14,23	14,63	13,57	14,03	,00	-,16	,008	-,03
No consta	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Mínimo	5,75	5,75	5,16	5,07	6,68	6,58	6,22	6,16	,00	-,26	-,64	-,32
	Máximo	15,50	15,50	13,81	14,06	15,00	15,24	15,09	15,41	1,00	,54	,44	,29
	Media	9,36	9,30	8,78	8,59	9,52	9,56	9,44	9,37	,05	,18	-,04	,06
	DE	3,33	3,36	2,96	2,97	2,40	2,56	2,58	2,67	,23	,23	,27	,17
	Mediana	8,41	8,41	8,55	8,36	9,01	9,25	8,95	8,94	,00	,14	-,07	,05

Tabla 4.2.3.3 Medidas estadísticas de distribución de edades óseas de ambas manos y de las diferencias en la muestra por patologías.



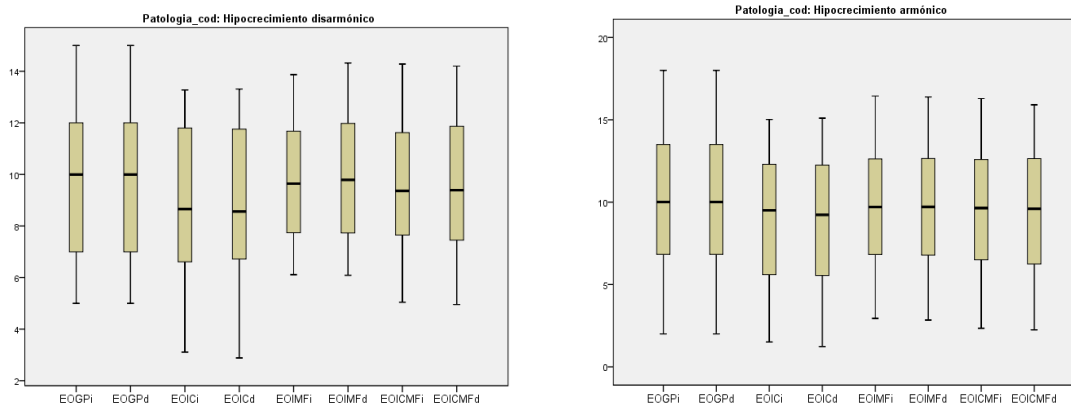


Gráfico 4.2.3.3A Diagramas de cajas de distribución de edades óseas de ambas manos, en la muestra por patología: hipocrecimiento disarmónico y armónico.

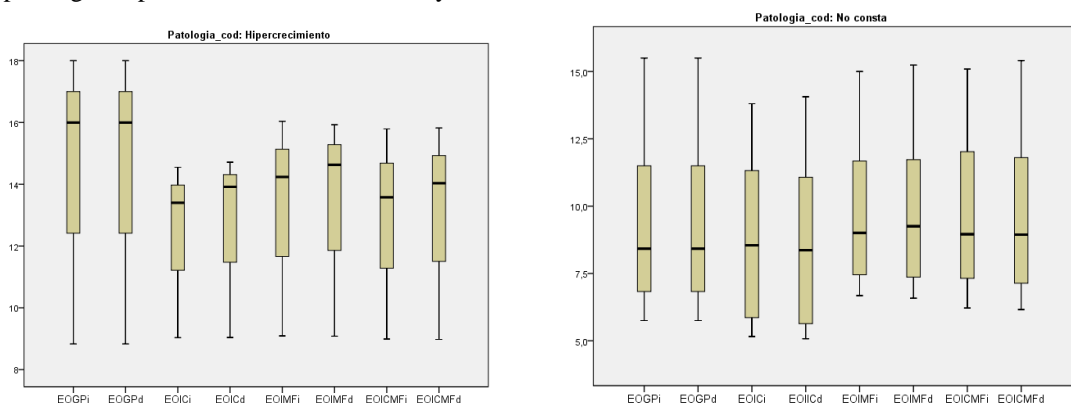


Gráfico 4.2.3.3B Diagramas de cajas de distribución de edades óseas de ambas manos, en la muestra por patología: hipercrecimiento y no consta.

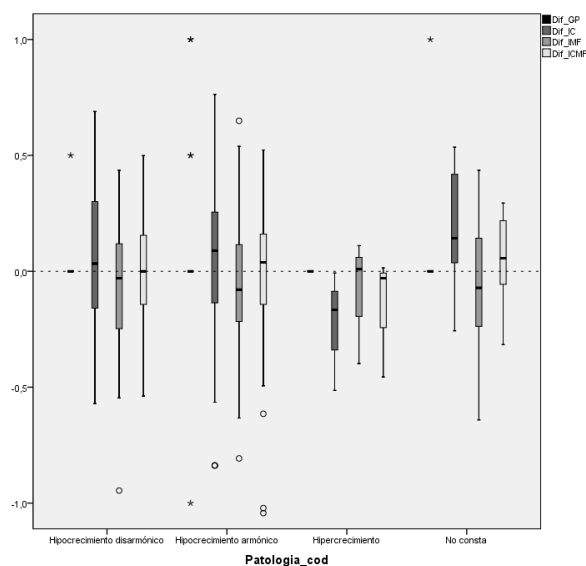


Gráfico 4.2.3.3C Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de edades óseas entre ambas manos, en la muestra por patologías.

#### 4.2.3.4 Muestra por grupo de edad

Grupos de edad		EOGPi	EOGPd	EOICi	EOICd	EOIMFi	EOIMFd	EOICMFi	EOICMFd	Dif_GP	Dif_IC	Dif_IMF	Dif_ICMF
4 a 9,99	N	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	Mínimo	2,00	2,00	1,51	1,23	2,94	2,84	2,34	2,24	,00	-,84	-1,28	-1,04
	Máximo	13,00	13,00	12,70	12,17	11,62	11,95	12,26	12,08	,50	,62	,51	,47
	Media	6,71	6,71	5,96	5,87	7,17	7,18	6,81	6,78	,006	,09	-,01	,03
	DE	2,47	2,48	2,59	2,60	1,98	2,05	2,21	2,24	,058	,26	,28	,23
	Mediana	6,83	6,83	5,92	5,82	7,29	7,11	7,01	6,90	,00	,11	,016	,071
10 a 14,99	N	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
	Mínimo	7,00	7,00	4,81	4,25	6,47	6,75	6,46	6,26	-1,00	-,84	-,95	-,61
	Máximo	17,00	17,00	14,54	14,64	15,75	15,66	15,52	15,33	1,00	,69	,65	,52
	Media	12,48	12,43	11,14	11,09	11,62	11,74	11,67	11,69	,04	,04	-,11	-,02
	DE	2,08	2,14	2,19	2,20	1,73	1,72	1,86	1,87	,263	,315	,28	,25
	Mediana	13,00	13,00	11,60	11,47	11,77	11,87	11,97	11,94	,00	,05	-,14	-,03
15 a 19,99	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	Mínimo	15,00	15,00	12,17	11,84	12,10	12,55	12,09	12,12	,00	-,84	-,81	-1,02
	Máximo	18,00	18,00	15,02	15,10	16,44	16,39	16,29	15,91	1,00	,76	,28	,41
	Media	16,87	16,81	13,35	13,42	14,13	14,27	14,01	14,12	,062	-,06	-,14	-,11
	DE	1,25	1,22	,921	1,02	1,38	1,35	1,30	1,36	,25	,42	,29	,36
	Mediana	17,50	17,00	13,22	13,23	13,76	13,89	13,86	14,00	,00	-,09	-,13	-,13

Tabla 4.2.3.4 Medidas estadísticas de distribución de edades óseas de ambas manos y de las diferencias, en la muestra por grupos de edad.

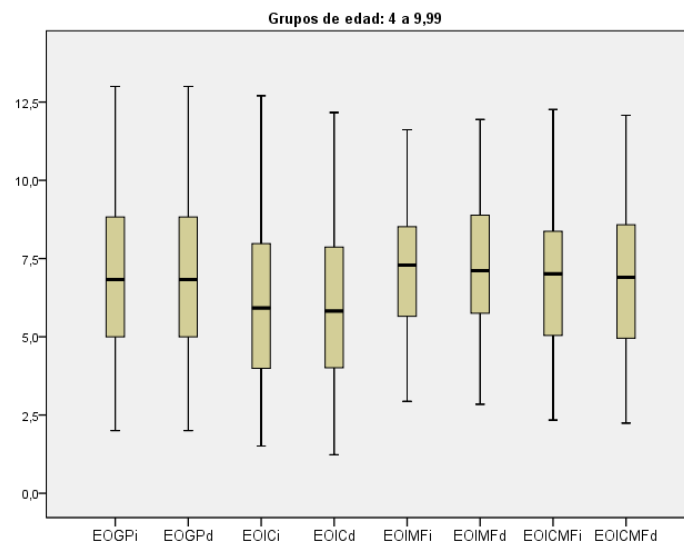


Gráfico 4.2.3.4A Diagramas de cajas de distribución de edades óseas de ambas manos en la muestra por grupos de edad de 4 a 9 años.

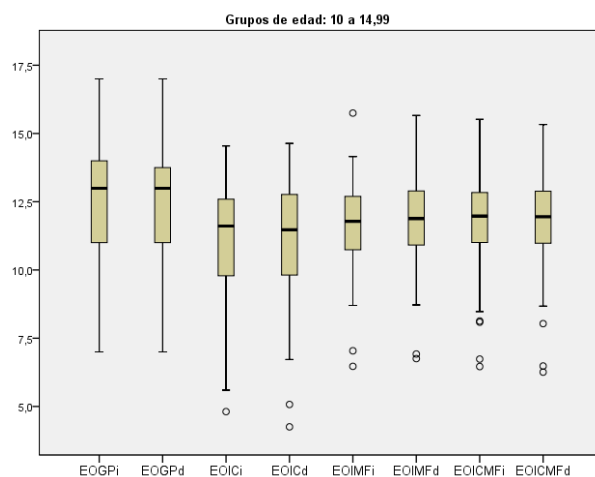


Gráfico 4.2.3.4B Diagramas de cajas de distribución de edades óseas de ambas manos en la muestra por grupos de edad.de 9 a 14 años.

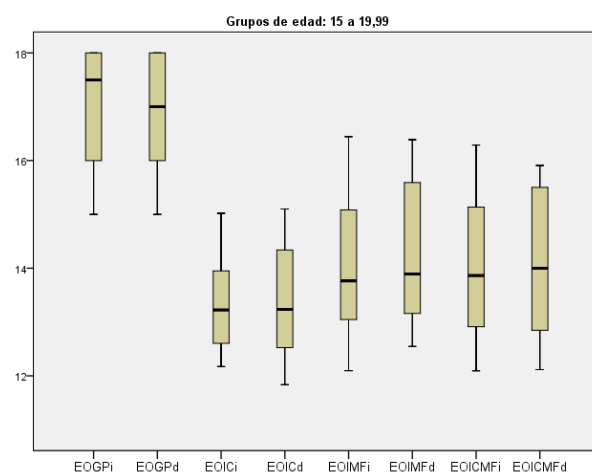


Gráfico 4.2.3.4C Diagramas de cajas de distribución de edades óseas de ambas manos en la muestra por grupos de edad.de 14 a 19 años.

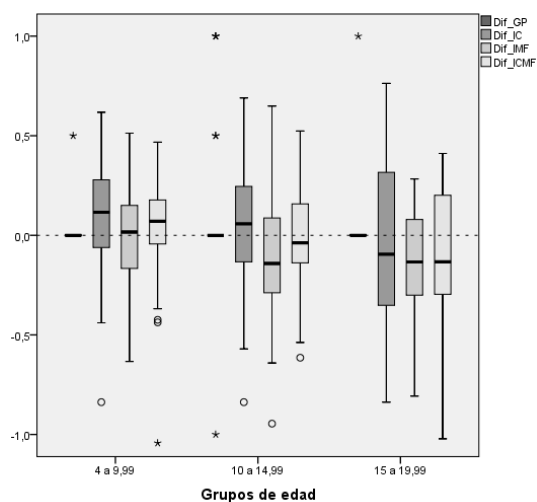


Gráfico 4.2.3.4D Diagramas de cajas de distribución de las diferencias de edades óseas de ambas manos en la muestra por grupos de edad.

Sexo	Patologia_cod	Grupos de edad		Dif_GP	Dif_IC	Dif_IMF	Dif_ICMF
Mujer	Hipocrecimiento disarmónico	4 a 9,99	N	5	5	5	5
			Mínimo	,00	-,26	-,36	-,30
			Máximo	,00	,32	,05	,24
			Media	,00	,06	-,06	,03
			Desviación estándar	,00	,28	,16	,23
			Mediana	,00	,18	,008	,15
		10 a 14,99	N	6	6	6	6
			Mínimo	,00	-,37	-,95	-,54
			Máximo	,00	,69	,33	,50
			Media	,00	,16	-,13	,02
			Desviación estándar	,00	,37	,44	,37
			Mediana	,00	,1064	-,0574	-,0315
	Hipocrecimiento armónico	4 a 9,99	N	24	24	24	24
			Mínimo	,00	-,37	-,59	-,37
			Máximo	,50	,51	,51	,40
			Media	,02	,07	,03	,06
			Desviación estándar	,10	,23	,24	,22
			Mediana	,00	,11	,07	,08
		10 a 14,99	N	21	21	21	21
			Mínimo	-1,00	-,56	-,62	-,49
			Máximo	1,00	,56	,54	,52
			Media	,02	-,01	-,16	-,04
			Desviación estándar	,33	,28	,25	,24
			Mediana	,00	-,02	-,19	-,09
		15 a 19,99	N	7	7	7	7
			Mínimo	,00	-,43	-,60	-,35
			Máximo	1,00	,76	,28	,33
			Media	,14	,12	-,17	,002
			Desviación estándar	,37	,40	,27	,27
			Mediana	,00	-,08	-,14	-,08

Tabla 4.2.3.5 Medidas estadísticas de distribución de edades óseas y de las diferencias, en la muestra por sexo mujer, patología (hipocrecimiento) y grupos de edad de radiografías de ambas manos.

Sexo	Patologia_cod	Grupos de edad		Dif_GP	Dif_IC	Dif_IMF	Dif_ICMF
Varón	Hipocrecimiento disarmónico	4 a 9,99	N	8	8	8	8
			Mínimo	,00	-,19	-,25	-,14
			Máximo	,00	,62	,44	,47
			Media	,00	,15	,11	,09
			Desviación estándar	,00	,28	,24	,20
			Mediana	,00	,10	,09	,09
		10 a 14,99	N	7	7	7	7
			Mínimo	,00	-,57	-,55	-,45
			Máximo	,50	,44	,20	,08
			Media	,07	-,09	-,22	-,18
			Desviación estándar	,18	,32	,25	,21
			Mediana	,00	-,10	-,30	-,19
	Hipocrecimiento armónico	4 a 9,99	N	25	25	25	25
			Mínimo	,00	-,84	-1,28	-1,04
			Máximo	,00	,49	,41	,36
			Media	,00	,05	-,09	-,04
			Desviación estándar	,00	,29	,34	,27
			Mediana	,00	,10	-,04	,03
		10 a 14,99	N	24	24	24	24
			Mínimo	,00	-,84	-,45	-,61
			Máximo	1,00	,56	,65	,40
			Media	,04	,07	-,02	,02
			Desviación estándar	,20	,33	,25	,25
			Mediana	,00	,12	-,03	,10
		15 a 19,99	N	6	6	6	6
			Mínimo	,00	-,84	-,81	-1,02
			Máximo	,00	,40	,26	,41
			Media	,00	-,17	-,09	-,16
			Desviación estándar	,00	,46	,38	,49
			Mediana	,00	-,17	-,03	-,20

Tabla 4.2.3.6 Medidas estadísticas de distribución de edades óseas y de las diferencias, en la muestra por sexo varón, patología (hipocrecimiento) y grupos de edad de radiografías de ambas manos.

#### 4.2.3.5 Estadística inferencial

		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Muestra global	Dif_GP	1,892	153	,060	,02922	-,0013	,0597
	Dif_IC	2,362	153	,019	,05816	,0095	,1068
	Dif_IMF	-2,907	153	,004	-,06732	-,1131	-,0216
	Dif_ICMF	-,178	153	,859	-,00373	-,0452	,0377

Tabla 4.2.3.5.1 Prueba de muestra única. Muestra global.

Sexo		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Mujer	Dif_GP	1,070	72	,288	,02740	-,0236	,0784
	Dif_IC	2,143	72	,036	,07224	,0050	,1394
	Dif_IMF	-2,788	72	,007	-,08814	-,1512	-,0251
	Dif_ICMF	,542	72	,589	,01539	-,0412	,0720
Varón	Dif_GP	1,685	80	,096	,03086	-,0056	,0673
	Dif_IC	1,272	80	,207	,04547	-,0257	,1166
	Dif_IMF	-1,444	80	,153	-,04855	-,1154	,0183
	Dif_ICMF	-,685	80	,495	-,02096	-,0819	,0400

Tabla 4.2.3.5.2 Prueba de muestra única por sexo.

Patologia_cod		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Hipocrecimiento disarmónico	Dif_GP	1,000	25	,327	,01923	-,0204	,0588
	Dif_IC	1,144	25	,264	,07142	-,0572	,2000
	Dif_IMF	-1,189	25	,246	-,07170	-,1959	,0525
	Dif_ICMF	-,134	25	,894	-,00705	-,1153	,1012
Hipocrecimiento armónico	Dif_GP	1,421	106	,158	,02804	-,0111	,0672
	Dif_IC	1,389	106	,168	,04138	-,0177	,1005
	Dif_IMF	-2,492	106	,014	-,06949	-,1248	-,0142
	Dif_ICMF	-,363	106	,717	-,00951	-,0614	,0424

Tabla 4.2.3.5.3 Prueba de muestra única por patología.

Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
4 a 9,99	Dif_GP	1,000	73	,321	,00676	-,0067	,0202
	Dif_IC	3,110	73	,003	,09474	,0340	,1554
	Dif_IMF	-,397	73	,692	-,01297	-,0781	,0521
	Dif_ICMF	1,301	73	,197	,03510	-,0187	,0889
10 a 14,99	Dif_GP	1,426	63	,159	,04688	-,0188	,1126
	Dif_IC	1,215	63	,229	,04786	-,0309	,1266
	Dif_IMF	-3,114	63	,003	-,11071	-,1817	-,0397
	Dif_ICMF	-,668	63	,506	-,02137	-,0852	,0425
15 a 19,99	Dif_GP	1,000	15	,333	,06250	-,0707	,1957
	Dif_IC	-,665	15	,516	-,06979	-,2936	,1540
	Dif_IMF	-1,940	15	,071	-,14512	-,3046	,0144
	Dif_ICMF	-1,241	15	,234	-,11279	-,3066	,0810

Tabla 4.2.3.5.4 Prueba de muestra única por grupos de edad

Sexo	Patología_cod	Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
				t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Mujer	Hipocrecimiento disarmónico	4 a 9,99	Dif_IC	,483	4	,654	,06163	-,2927	,4159
			Dif_IMF	-,891	4	,423	-,06717	-,2765	,1421
			Dif_ICMF	,301	4	,778	,03199	-,2631	,3271
		10 a 14,99	Dif_IC	1,066	5	,335	,16262	-,2296	,5548
			Dif_IMF	-,776	5	,473	-,13994	-,6037	,3238
			Dif_ICMF	,165	5	,875	,02505	-,3651	,4152
	Hipocrecimiento armónico	4 a 9,99	Dif_IC	1,561	23	,132	,07367	-,0239	,1713
			Dif_IMF	,702	23	,490	,03535	-,0688	,1395
			Dif_ICMF	1,348	23	,191	,06181	-,0330	,1566
			Dif_GP	1,000	23	,328	,02083	-,0223	,0639
		10 a 14,99	Dif_IC	-,183	20	,857	-,01125	-,1396	,1171
			Dif_IMF	-2,999	20	,007	-,16498	-,2797	-,0502
			Dif_ICMF	-,783	20	,443	-,04183	-,1533	,0696
			Dif_GP	,326	20	,748	,02381	-,1285	,1761
		15 a 19,99	Dif_IC	,785	6	,462	,12157	-,2572	,5004
			Dif_IMF	-1,681	6	,144	-,17424	-,4279	,0795
			Dif_ICMF	,020	6	,985	,00208	-,2550	,2592
			Dif_GP	1,000	6	,356	,14286	-,2067	,4924

Tabla 4.2.3.5.5 Prueba de muestra única por sexo mujer, patologías y grupos de edad. No se han calculado estadísticas para uno o más archivos segmentados.

Sexo	Patología_cod	Grupos de edad		Valor de prueba = 0					
				t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Varón	Hipocrecimiento disarmónico	4 a 9,99	Dif_IC	1,486	7	,181	,15193	-,0899	,3938
			Dif_IMF	1,311	7	,231	,11378	-,0914	,3189
			Dif_ICMF	1,357	7	,217	,09847	-,0731	,2700
		10 a 14,99	Dif_IC	-,746	6	,484	-,09179	-,3930	,2095
			Dif_IMF	-2,412	6	,052	-,22842	-,4601	,0033
			Dif_ICMF	-2,302	6	,061	-,18304	-,3776	,0116
	Hipocrecimiento armónico	4 a 9,99	Dif_GP	1,000	6	,356	,07143	-,1034	,2462
			Dif_IC	,859	24	,399	,05047	-,0708	,1718
			Dif_IMF	-1,365	24	,185	-,09435	-,2370	,0483
			Dif_ICMF	-,890	24	,382	-,04883	-,1621	,0644
		10 a 14,99	Dif_IC	1,090	23	,287	,07565	-,0679	,2192
			Dif_IMF	-,529	23	,602	-,02764	-,1358	,0805
			Dif_ICMF	,475	23	,639	,02502	-,0840	,1340
			Dif_GP	1,000	23	,328	,04167	-,0445	,1279
		15 a 19,99	Dif_IC	-,906	5	,406	-,17198	-,6598	,3158
			Dif_IMF	-,616	5	,565	-,09630	-,4984	,3058
			Dif_ICMF	-,833	5	,443	-,16954	-,6926	,3536

Tabla 4.2.3.5.6 Prueba de muestra única por sexo varón, patologías y grupos de edad. No se han calculado estadísticas para uno o más archivos segmentados.



# DISCUSIÓN

## 5.1 Discusión. Muestra 1.

- 5.1.1 Comparación edad cronológica edad ósea
- 5.1.2 Método de estimación de la edad ósea
- 5.1.3 Grado de acuerdo entre los métodos de estimación
- 5.1.4 Patrón de maduración ósea

## 5.2 Discusión Muestra 2

- 5.2.1 Número de núcleos de osificación presentes
- 5.2.2 Tamaño de los huesos
- 5.2.3 Maduración ósea global

## 5.1 *Discusión. Muestra 1.*

### 5.1.1 Comparación edad cronológica/edad ósea

Se realizó la comparación entre las dos variables cuantitativas edad cronológica y edad ósea a través del estudio de la diferencia de medias, el índice de correlación intraclass y el método de Bland-Altman.

#### 5.1.1.1 Estudio de la diferencia de medias.

##### Muestra global

Al estudiar la muestra global se comparó la EC con la EO y se comprobó que difieren, la edad ósea está "retrasada" respecto a la edad cronológica, en promedio:  $0.26 \pm 1.45$  (3 meses EOGP),  $0.52 \pm 1.66$  (6 meses EOIMF),  $0.52 \pm 1.66$  (8 meses EOICMF) y  $1.47 \pm 1.86$  (18 meses EOIC) según el método de estimación. Estas diferencias eran significativas. Todos los métodos infraestimaban la edad pero más los métodos métricos.

Por lo tanto, en promedio se encontró una maduración concordante ( $\pm 1$  año con respecto a la edad cronológica) salvo en el área del carpo (EOIC) que presentó un retraso madurativo de 18 meses, lo que evidenciaría una asimetría madurativa del carpo.

##### Muestra por sexos

Con el método de GP en la mujer se objetivó una tendencia a presentar retraso madurativo (en promedio 1 mes) si bien esta diferencia no fue significativa ( $p=0,531$ ). En el varón se objetivó un retraso madurativo (en promedio 4 meses), significativo ( $p=0,006$ ).

Estos datos que concuerdan con el principio de Pryor de que los huesos de las niñas osifican antes que los de los niños.

Si comparamos EOGP/EOICMF (maduración/crecimiento-subjetivo/objetivo), llama la atención que si bien la maduración es distinta en ambos sexos (está más retrasada en el varón), las diferencias EC-EOICMF son similares en ambos sexos (en promedio ambos presentan un retraso significativo de 8 meses) como si el crecimiento de los huesos (en su conjunto componente carpo y epífisis) fuera paralelo en el hombre y en la mujer.

Pero si disociamos los componentes de la EOICMF en carpo (EOIC) + epífisis (EOIMF):

En la mujer se objetivó una tendencia a presentar un retraso madurativo de las epífisis mayor (en promedio 7 meses) que el de los varones (en promedio 5 meses).

En el varón se objetivó una tendencia a presentar un retraso madurativo del carpo mayor (en promedio 2 años) que el de las mujeres (en promedio 8 meses), dato que concuerda con los hallazgos de Levine (144), que encontró en los varones una tendencia al retraso madurativo del carpo respecto a las epífisis.

Estos retrasos en la maduración ósea en promedio serían concordantes con la edad cronológica ya que difieren menos de 1 año respecto de esta salvo el retraso de la maduración ósea del carpo en el varón que difiere en promedio 2 años respecto a la edad cronológica.

Comparando con los resultados de Ebrí, estos observan que en mujeres, GP tiene tendencia a sobrestimar; mientras sus métodos a subestimar. En varones, GP tiene tendencia a sobrestimar mientras que sus métodos a subestimar ligeramente. En las mujeres GP presenta diferencias de hasta 6 meses respecto a EOIC, 6.5 meses respecto a EOICMF, y de 5 meses respecto a EOIMF. En varones, GP presenta diferencias de hasta 3.3 meses respecto a EOIMF, 3.7 meses respecto a EOIC, y 2.7 meses respecto a EOICMF.

### Muestra por patologías

Con el método de GP en el hipoprecimiento disarmónico se encontró una tendencia a presentar un retraso madurativo  $.21 \pm 1.21$  (en promedio 2 meses y medio), pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.336$ ) y en el hipoprecimiento armónico una tendencia a presentar un retraso madurativo  $.27 \pm 1.52$  (en promedio 3 meses), pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.53$ ).

Si comparamos EOGP/EOICMF (maduración/crecimiento-subjetivo/objetivo) encontramos una tendencia a presentar un retraso madurativo significativo,  $0.59 \pm .99$  (en promedio 7 meses) en los hipoprecimientos disarmónicos y de  $.84 \pm 1.84$  (en promedio 9 meses) en los armónicos.

Y si disociamos los componentes de la EOICMF en carpo (EOIC) + epífisis (EOIMF):

Se encontró un retraso madurativo del carpo (EOIC) significativo en los hipoprecimientos tanto disarmónicos  $1.44 \pm 1.51$  (en promedio 17 meses), como armónicos  $1.56 \pm 1.96$  (en promedio casi 19 meses), datos que concuerdan con los hallazgos de Hewit (145), quien señaló que la maduración del carpo es más susceptible de retraso por patologías que la de las epífisis.

Se encontró un retraso madurativo de las epífisis significativo en el hipoprecimiento armónico ( $p = .000$ )  $.64 \pm 1.84$ , pero no significativo ( $p = 0.13$  prueba de Wilcoxon) en el disarmónico  $.37 \pm 1.00$ .

Ambos tipos de hipoprecimiento afectan al carpo produciendo un retraso madurativo pero el hipoprecimiento disarmónico no afectaría a las epífisis.

Menius, J.A et al: (1966)(146) estudiaron 48 niños con labio leporino (26 niños y 22 niñas) y comprobaron que un número elevado de niños (27), sobre todo de sexo masculino (19/26 niños 83% y 8/22 niñas 33%), presentaron edades óseas inferiores a los estándares normales.

Zachmann et al. (1978)(117) estudiaron los métodos de predicción de talla en

niños normales (n=56) y con patologías del crecimiento (n=34) de edades comprendidas entre 1-14 años, y describieron en los niños normales una media de la diferencia EO-EC con el Método de GP de  $-0.2 \pm 1.2$ , en niños con talla baja familiar (n=11):  $-0.4 \pm 0.8$ , síndrome de Turner (n=6):  $-1.8 \pm 0.8$ , crecimiento intrauterino retardado y Síndrome de Silver-Russell (n=10):  $-0.9 \pm 1.6$ .

Bueno Lozano et al. (1996)(135) estudiaron un grupo de 86 obesos aragoneses (prepúberes y púberes). La maduración ósea se calculó según las 3 variantes del método TW2-Aragón. Comprobaron una aceleración de la maduración ósea en las 3 variantes, siendo la puntuación obtenida con el método de radio, cúbito y huesos cortos (IMF) la más discriminativa.

Dieter Haffer et al. (2000)(148) estudiaron 38 pacientes prepuberales diagnosticados de insuficiencia renal crónica, para comprobar el efecto sobre el crecimiento del tratamiento con hormona del crecimiento. Recogen como media EC  $\pm$  DE al inicio del estudio de  $10.4 \pm 2.2$  años y como media de EO  $7.1 \pm 2.3$  años.

Galvao de Aguiar K et al. (2006) (130) evaluaron 30 pacientes con Anemia de Fanconi (15 mujeres y 15 hombres) de 2 a 18 años, señalando que no encontraron en la revisión bibliográfica ningún estudio similar, aunque una de las manifestaciones clínicas de la Anemia de Fanconi es el retraso madurativo óseo. Encontraron retraso madurativo óseo de  $1.01 \pm 1.43$  (p=0.00).

Diferentes estudios han confirmado un mayor retraso madurativo del carpo tanto en el déficit como en la insensibilidad a la hormona del crecimiento, en concreto Even, L et al. (2014)(147) en una muestra de 95 pacientes diagnosticados de déficit de hormona del crecimiento (30) y de talla baja idiopática (65), estimaron la edad ósea por áreas (carpo, epífisis de huesos largos y epífisis de huesos cortos de la mano) según el atlas de Greulich y Pyle, al inicio del estudio y tras 1 y 2 años de tratamiento. Encontraron un retraso madurativo en el grupo total EOGP de  $2.7 \pm 1.1$  años, en el grupo de deficiencia de GH de  $2.78 \pm 1.1$  (p=.00039) y en el grupo de talla baja idiopática de  $2.17 \pm 1.0$  (p= 0.0052). Encontraron un retraso de la maduración ósea en los pacientes con déficit de GH mayor para el área del carpo ( $3.6 \pm 1.3$  años), que en la de los huesos

largos ( $3.0 \pm 1.3$  años) y cortos ( $1.7 \pm 1.1$  años), el retraso no era significativamente mayor para los huesos del carpo en el déficit de GH que en la talla baja idiopática ( $3.1 \pm 1.1$  años) y se normalizaba tras 2 años de tratamiento. Concluyen que es necesario hacer una estimación de la maduración del área del carpo por separado.

Staal, H.M et al (2015)(132) estudiaron 50 pacientes de 3 a 17 años, con múltiples osteocondromas, enfermedad que afecta a los huesos largos y produce talla baja desproporcionada con edad ósea adelantada en la adolescencia. Encontraron en el grupo de edad de 3 a 12 años un retraso madurativo ( $p=0.019$ ) y de 12 a 17 años un adelanto madurativo ( $p=0.019$  años) especialmente en niños.

Autor	Muestra	Patología	EC-EO Media	DE	95% IC		p
					Mínimo	Máximo	
Menius, J.A et al. (1966)	48	Labio leporino	Retraso 80% ♂ Retraso 33% ♀				
Zachman et al. (1978)	90	Patologías del crecimiento (34)	TBF 0,4 Turner 1,8 CIR 0,9	0,8 0,8 1,6			
Bueno Lozano et al. (1996)	86	Obesidad 12,4♂, 11,9♀ Media EC	EO-20 13,8♂-11,9♀ EO-RCC 14,8♂-12,9♀ EOcarpo 12,4♂-10,9♀				
Dieter Haffer et al. (2000)	38	Insuficiencia Renal Crónica (IRC)	3,3	2,2			
Galvao de Aguiar K et al. (2006)	30 casos 15♂-15♀ 2-18 años	Anemia de Fanconi (HA)	1,01	1,43	0,47	1,54	0,00
Even, L et al. (2014)	95 casos prepúberes	30 déficit HG 65 talla baja idiopática	2,78 2,17	1,1 1,0			0,0045 0,0052
Staal et al. (2015)	50 casos, 23♂-27♀ 3-17 años	Osteocondroma (HD)	3-12 años retraso 12 a 17 años adelanto	0,4 -0,42			0,030 0,019
Grijalba (2015)	173 92♂-81♀ 4-19 años	119 casos H. armónico 30 casos H. disarmónico	,27 ,21	1,52 1,21	-,0038 -,2366	,5504 ,6704	,053

Tabla 5.1 Comparación entre edad cronológica y edad ósea según diferentes autores y patologías.

### Muestra por grupos de edad

*En el grupo de edad de 4 a 9 años:*

Se objetivó un retraso madurativo (en promedio 6 meses), estadísticamente significativo ( $p=0.000$ ) de la edad ósea estimada con el método de GP, un retraso madurativo (en promedio 4.7 meses), estadísticamente significativo ( $p=0.004$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí ICMF, un retraso madurativo (en promedio 15 meses), estadísticamente significativo ( $p=0.000$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí IC.

Se objetivó un retraso madurativo (en promedio menos de 1mes), no significativo ( $p=0.835$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí IMF.

*En el grupo de edad de 10 a 14 años:*

Se objetivó un adelanto madurativo (en promedio 1,6 meses), no significativo ( $p=0.456$ ) de la edad ósea estimada con el método de GP, un retraso madurativo (en promedio 8 meses), estadísticamente significativo ( $p=0.001$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí ICMF, un retraso madurativo (en promedio 15 meses), estadísticamente significativo ( $p=0.000$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí IC y un retraso madurativo (en promedio 9 meses), estadísticamente significativo ( $p=0.000$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí IMF.

*En el grupo de edad de 15 a 19 años:*

Se objetivó un retraso madurativo (en promedio 3 meses), no significativo ( $p=.304$ ) de la edad ósea estimada con el método de GP, un retraso madurativo (en promedio casi 3 años), estadísticamente significativo ( $p=.000$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí ICMF, un retraso madurativo (en promedio 3.7 años), estadísticamente significativo ( $p=0.000$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí IC y un retraso madurativo (en promedio 2.7 años), estadísticamente significativo ( $p=.001$ ) de la edad ósea estimada con el método de Ebrí IMF.

De los 4 a los 9 años no se afectaría el componente epifisario, pero sí a partir de los 10 años en que se retrasa; el retraso del componente carpal se mantendría constante entre los 4 y los 14 años, pero ambos aumentarían significativamente a partir de los 15 años

En el grupo de edad de 4 a 9 años no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la edad cronológica y la edad ósea estimada con el método de Ebrí IMF y en el grupo de edad de 10 a 14 años y de 15 a 19 años no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la edad cronológica y la edad ósea estimada con el método de GP.

Con el método de Greulich y Pyle, en el grupo de edad de 4 a 9 años la EOGP en promedio está retrasada 6 meses ( $p=.000$ ), de 10 a 14 años en promedio está adelantada 1 mes ( $p=.456$ ), y de 15 a 19 años en promedio está retrasada 3 meses ( $p=.304$ ).

Estos datos no concuerdan con los hallazgos de Hernández en población sana española (13) que mostró que los niños españoles tienen un ligero retraso hasta la edad de 6 años; desde esta edad hasta los 14 años, la diferencia se incrementa y es de 3 a 6 meses, pero a partir de este momento, la maduración de nuestros niños avanza y finaliza 6 meses antes que la de los niños americanos

Con el método EOIC, las edades ósea y cronológica no son concordantes: de 4 a 14 años está retrasada en promedio 15 meses ( $p=.000$ ) y de 15 a 19 años más de 3 años y medio ( $p=.000$ ). Así la maduración del carpo está retrasada de forma significativa en todos los grupos de edad, si bien es mucho más marcado a partir de los 15 años de edad, coincidiendo con el hecho de que en el periodo postpuberal todos los huesos del carpo están completamente desarrollados y el carpo es ya radiológicamente adulto, no "crece" más y la edad ósea del área del carpo ya no correlaciona positivamente con la edad cronológica, siendo congruente con los hallazgos de Johnston (110), quien señalaba que el estatus madurativo en el periodo postpuberal tendría que ser estimado sólo mediante las epífisis, dato este congruente con los resultados de este estudio.

Con el método EOIMF, en el grupo de edad de 4 a 9 años en promedio está



retrasada menos de 1 mes ( $p=.835$ ), y de 10 a 14 años en promedio está retrasada 9 meses ( $p=.000$ ). En el grupo de 15 a 19 años en promedio está retrasada más de dos años y medio ( $p=.001$ ). Ya a partir de los 12 años se encontró un retraso madurativo de las epífisis (en promedio 1,2 años). Estos datos coinciden con el hecho de que a estas edades los indicadores de maduración ósea se centran inicialmente en la valoración del tamaño de las epífisis en relación con las metáfisis adyacentes. Según progresa la maduración, se objetiva un crecimiento de los núcleos de osificación epifisarios tanto en grosor como en anchura, hasta igualar a la anchura de las metáfisis. En la etapa de pubertad temprana, estos centros epifisarios sobrepasan la metáfisis y comienzan a “abrazarla o encapsularla” a partir de este periodo las fisis empezaran a fusionarse, entonces, los cambios cuantitativos (crecimiento el hueso) no son evidentes y los métodos métricos, ya correlacionarían negativamente con la edad cronológica, siendo congruente con lo señalado por Johnston: en el periodo postpuberal el estatus madurativo se realiza a expensas de la maduración de las epífisis y no de su crecimiento.

Estos datos concuerdan parcialmente con los de Ebrí en su estudio en niños sin patologías, que recoge EOIC cierto retraso madurativo en el varón de los 4 a los 7 años y a partir de los 15 años y en la mujer un adelanto madurativo de los 6 a los 11 años y retraso a partir de los 15 años.

#### 5.1.1.2 Correlación

En este estudio se evaluó y contrastó la correlación entre las dos variables cuantitativas. En la muestra global se encontró una alta correlación entre las variables edad cronológica y edad ósea: 0.940 con el método de GP, 0.914 con el método del ICMF, 0.912 con el método del ICMF y 0.893 con el método del IC. La correlación es significativa en la muestra global en el nivel 0.01 (2 colas),

Por grupos de edad se encontró en el grupo de edad de 4 a 9 años: 0.847 (GP), 0.799 (IC), 0.804 (IMF) y 0.834 (ICMF), en el grupo de edad de 10 a 14 años: 0.599 (GP), 0.513 (IC), 0.496 (IMF) y 0.513 (ICMF) y en el grupo de edad de 15 a 19 años: 0.823 (GP), -0.099 (IC), -0.235 (IMF) y -0.253 (ICMF). La correlación fue significativa

en el nivel 0,01 (2 colas) salvo en el grupo de edad de 15 a 19 años, para IC  $p = .737$ , IMF  $p = .418$  e ICMF  $p = .383$ .

Ebrí Torné realizó un estudio comparativo con la metodología de Tanner II Rus, demostrando la concordancia de ambos métodos. En este estudio se encontró una concordancia del método de GP con el de IC de 0.947, con el de IMF de 0.957 y con el de ICMF de 0.962, del método de IC con el IMF de 0.96 y con el método de ICMF de 0.976 y finalmente del método IMF con el método ICMF de 0.994.

Pero la correlación sólo mide la asociación lineal entre las dos variables, no proporciona información del acuerdo observado al ignorar las diferencias sistemáticas. No mide la concordancia (o grado de acuerdo o consistencia externa), ni el posible sesgo sistemático.

#### 5.1.1.3 Coeficiente de Correlación Intraclass

Por eso, cuando se quiere medir en escala numérica continua la concordancia, el grado de acuerdo o la consistencia externa (repetición) con uno o más instrumentos, se recomienda usar el coeficiente de correlación intraclass (CCI), el cual analiza la variabilidad de los pacientes que se evalúan, de los observadores o aparatos y del error residual. Indicaría la proporción de la variabilidad total que se debe a la variabilidad de los sujetos.

En este caso la concordancia entre las dos variables cuantitativas (EC/EO), evaluada mediante el CCI es muy buena o excelente (Fleiss  $>0.75$ ) en todos los métodos siendo mayor con el método de GP (CCI .932), que presenta además un intervalo de concordancia IC 95% muy estrecho [.908 a .949] y con significación estadística ( $p = .000$ ), seguida del método de Ebrí IMF (ICCI .878 e IC 95% [.826 a .914] y del Método de Ebrí ICMF (CCI .877 e IC 95% [.797 a .921]) La concordancia fue menor, aunque también fue muy buena, con el método de Ebrí IC (CCI .814), si bien presenta un IC 95% más amplio [.469 a .913].

El 93.2%, 81.4%, 87.8% y el 87.7% (según el método utilizado) de la variabilidad

observada, se explicaría por las diferencias entre sujetos y no por las diferencias entre los métodos.

#### 5.1.1.4 Método de Bland Altman

Un sencillo procedimiento gráfico para evaluar la concordancia entre dos sistemas de medida es el método de Bland y Altman que analiza gráficamente el sesgo sistemático.

Considerando la edad cronológica como patrón de referencia ¿es fiable la determinación de la misma con los métodos propuestos?. Lo lógico es pensar que edad cronológica y edad ósea no van a coincidir siempre, así que lo primero que debemos de preguntarnos es cuánto es razonable que difieran para dar validez a los resultados.

Los puntos se agrupan más o menos alrededor de una línea con un grado de dispersión que viene determinado por la amplitud de las diferencias, cuanto mayor sea ese grado de dispersión, peor será el acuerdo. Objetivamos que pocas mediciones han concordado, entendiendo esta como diferencia igual a 0 (diferencia EC-EO=0), por el contrario, la mayoría de las veces la EC ha sido mayor (diferencia positiva) que la EO estimada (más evidente con el método de IC), que ha sido menor.

Se dibujaron las líneas discontinuas que coinciden con los límites que considerábamos como aceptables (concordancia entre EC y EO si la diferencia está entre  $\pm 1$  año).

La media de las diferencias entre la EC y la EOGP es 0.26 años. Como el intervalo de dos desviaciones estándar alrededor de la media de las diferencias incluye el 95% de las diferencias observadas, estos valores, en este caso [-2.64 y 3.17 años] deben compararse con los límites de concordancia establecidos en nuestro estudio.

La media de las diferencias entre la EC y la EOIC es 1.47 años. Encontramos numerosos puntos que caen fuera de los límites, incluso la media de las diferencias está fuera de esos límites. Otra posibilidad sería dibujar las líneas horizontales que engloban la mayoría de los puntos y considerar si este intervalo tiene utilidad desde el punto de vista clínico, en este caso si consideramos la diferencia de medias  $\pm 2$  DE obtenemos

unos límites entre -2.24 y 5.19 años.

La media de las diferencias entre la EC y la EOIMF es 0.52 años. Encontramos numerosos puntos que caen fuera de los límites, pero la media de las diferencias está dentro de esos límites. Si consideramos la diferencia de medias  $\pm 2$  DE obtenemos unos límites entre -2.79 y 3.34 años.

La media de las diferencias entre la EC y la EOICMF es 0.72 años. Con unos límites entre -2.59 y 4.04 años.

### 5.1.2 Comparación entre los Métodos de estimación de la edad ósea estudiados

#### 5.1.2.1 Ventajas e inconvenientes de ambos métodos

Se comparó la edad cronológica (EC) con la Edad ósea (EO). Para estimar la edad ósea se utilizaron dos métodos de evaluación, uno inspeccional (Método de Greulich y Pyle), principal referencia internacional y otro métrico, de población española (Método de Ebrí), con sus tres componentes (carpo, epífisis y carpo+ epífisis).

Si bien es un error habitual considerar que la edad ósea es una característica mensurable, ya que lo que se valora es maduración y no crecimiento, con los métodos métricos se pretende evaluar el componente de crecimiento del hueso, evitando la subjetividad de los métodos inspeccionales.

Ya señalaba Acheson (108) que en la evaluación de la edad ósea hay que tener en cuenta sus dos componentes cualitativo (maduración) y cuantitativo (crecimiento). Cada uno de ellos sigue su propio patrón, el crecimiento es fácil de valorar, se mide, no así el componente madurativo que es más difícil de precisar, es más subjetivo, ambos procesos son independientes y se rigen por mecanismos reguladores distintos. La estimación de la maduración se basa en la aparición y fusión de los núcleos de osificación y la estimación del crecimiento se basa en las medidas absolutas del aumento del tamaño de los huesos, ambos procesos coinciden cronológicamente, pero se comprobó que el hueso deja de crecer y sigue madurando.

El Método de Greulich y Pyle (GP) subjetivo, consistente en el estudio global de la muñeca y mano, es de fácil aplicación, rápido y universal pero es subjetivo, compara la maduración ósea con la maduración que presenta la media de la población a esa determinada edad cronológica y utiliza estándares de comparación que van a intervalos de medio a un año.

Históricamente fue Ebrí Torné el primer autor que utilizó el índice IMF en población suiza (estudio longitudinal de Zúrich) aplicándolo a dicha población. Realizó un estudio comparativo con la metodología de Tanner II Rus, demostrando la concordancia de ambos métodos además de encontrar una mayor simplicidad de su índice de valoración óseo metacarpofalángico respecto a la compleja metodología del autor inglés (149). Los índices IMF e IC fueron utilizados posteriormente en amplias poblaciones transversales española (5.225) y longitudinal suiza por Ebrí Torné y el ICMF fue utilizado por primera vez basándose en la casuística longitudinal Andrea Prader de 160 niños aragoneses de ambos sexos (73 varones y 87 mujeres), sanos, con edades comprendidas entre los 6 meses y los 20 años, estudiados año tras año. Disponiendo de la radiografía del niño, calculando los índices osificativos y llevando éstos a las ecuaciones correspondientes, se obtiene la edad ósea, que puede contrastarse con las tablas donde se exponen las medias y desviaciones típicas de las edades óseas hasta los 20 años y en ambos sexos. Los autores disponen de un programa gratuito de libre disposición previa petición.

Hoy en día con los avances tecnológicos que se van produciendo, el hecho de disponer de radiografías digitales en formato DICOM<sup>®</sup>, nos permite no solo visualizar las imágenes, sino poder utilizar herramientas básicas para su manipulación: desplazamiento y zoom fluidos, ajustes de brillo y contraste, modo negativo, posibilidad de rotar (90, 180 grados) o girar las imágenes (horizontal y vertical), así como herramientas de medida, elementos estos que ayudan en el estudio de imagen.

Como ventajas el método de Ebrí:

Al presentar 3 variantes (carpo, metacarpofalángico y carpo-

metacarpofalángico), permite estudiar dos grupos de huesos (carpo y epífisis) de forma independiente. Sabiendo que el proceso de maduración y crecimiento de los huesos largos (cúbito y radio) y cortos (metacarpianos y falanges) de la mano (encondroplasia) difiere del de los huesos del carpo (osteogénesis condral), es lógico pensar que pueda haber discrepancias en su osificación que pueden evidenciarse estudiando estos grupos óseos por separado. A su vez el componente global, que los valora en su conjunto, permite relativizar posibles asincronías. No obstante los autores tanto en el componente carpiano como en el metacarpofalángico incluyen las epífisis distales de radio y cúbito y la epífisis del primer dedo,

Es de fácil aplicación, una vez adquirida la habilidad técnica.

Ofrece la posibilidad de crear estándares propios españoles sin las limitaciones de valorar indirectamente la EO de una población con los estándares de otra, como ocurre con el método de GP.

Como desventajas el método de Ebrí:

Si bien podría parecer en principio que al ser un método métrico debería ser más fiable, también se haya también sometido a errores intraobservador e interobservadores, que no se han estudiado en este trabajo.

Es más costoso en tiempo de aplicación, al menos antes de adquirir la habilidad técnica correspondiente,

Y tal como señala el propio Ebrí (150), esta metódica general tiene que quedar probada por el práctico en su experiencia clínica, ofreciendo para ello una forma informatizada con un programa a disposición gratuita del usuario. Son necesarios más estudios sobre la aplicación del método tanto en población sana como patológica.

#### 5.1.2.2 Problemas derivados de la Técnica de la radiología digital:

Se pueden producir fallos técnicos derivados de una posición incorrecta de la

mano. En ocasiones, las superposiciones óseas del área del carpo, dificultan la medición precisa del hueso.

La exploración estándar de las edades óseas en niños mayores de 2 años, incluye una proyección posteroanterior (PA) de la muñeca y mano izquierda, que presenta como limitaciones la proyección en oblicuo del primer dedo, el solapamiento de las bases del segundo al quinto metacarpiano, del trapecio con el trapezoide y del piramidal con el pisiforme y que la estiloides cubital se ve de perfil formando parte del contorno óseo.

En este estudio también se utilizaron, radiografías de extremidades superiores en proyección anteroposterior (AP), y si bien no se encontraron dificultades de medida gracias a las herramientas de la imagen, son necesarios más estudios.

Garamendi (151) señalaba, al estudiar una muestra de radiografías digitales de clavícula, que las radiografías digitales no son un formato ideal para estudios basados en mediciones métricas, porque en el caso de precisar ampliaciones de la imagen a valores del 100% o superiores, la identificación fina de puntos específicos en estos contornos con el fin de elaborar desde ellos medidas de distancia relativa entre dos puntos, presenta severas limitaciones, lo que resta utilidad a las radiografías digitales usadas con estos fines en investigaciones radiográficas en el campo de la antropología forense. En este estudio, sólo en casos concretos (técnica defectuosa), no se necesitaba ampliar la imagen a esos valores y en general, no se encontraron dichos inconvenientes.

#### 5.1.2.3 Método más apropiado para su uso en medicina legal

A la vista de estos resultados cabe preguntarse qué método de estimación de edad sería más apropiado en el ámbito legal.

Utilizando el método de Greulich y Pyle la diferencia fue estadísticamente significativa en la muestra global ( $p=0.018$ ): diferencia promedio 0,26 años [IC 95%: 0.46 a 0.48 años], en el varón ( $p=0.006$ ): diferencia promedio 0.4 años [IC 95%: 0.11 a 0.69 años] y en el grupo de edad de 4 a 9 años diferencia promedio ( $p=0.000$ ): 0.54 años [IC 95%: 0.27 a 0.82 años], La diferencia no fue estadísticamente significativa ni en mujeres ( $p=$

0.531), ni en el hipocrecimiento armónico ( $p= 0.053$ ) ni disarmónico ( $p= 0.336$ ), ni por grupos de edad de 10 a 14 años ( $p= 0.456$ ) ni de 15 a 19 años ( $p= 0.304$ ).

Utilizando el método de Ebrí (IC), todas las diferencias fueron estadísticamente significativas encontrándose un retraso madurativo promedio de 1 año y medio en la muestra global, 6 meses en la mujer, 2 años en el varón, de 17 meses en el hipocrecimietos disarmónico, 18 meses en el hipocrecimiento armónico, 15 meses en el grupo de edad de 4 a 9 años, 15 meses en el grupo de edad de 10 a 14 años y de casi 3 años en el grupo de edad de 15 a 19 años

Utilizando el método de Ebrí (IMF), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grupo de edad de 4 a 9 años ( $p=0.835$ ) pero si en los demás casos, encontrándose un retraso madurativo en promedio de 6 meses en la muestra global, 7 meses en la mujer, 5 meses en el varón, 4 meses en el hipocrecimiento disarmónico, 7 meses en el hipocrecimiento armónico, 9 meses en el grupo de edad de 10 a 14 años y de 2.7 años en el grupo de edad de 15 a 19 años

Utilizando el método de Ebrí (ICMF), todas las diferencias fueron estadísticamente significativas encontrándose un retraso madurativo promedio de 8 meses en la muestra global, 8 meses en la mujer, 8 meses en el varón, de 7 meses en el hipocrecimietos disarmónico, 10 meses en el hipocrecimiento armónico, 4.7 meses en el grupo de edad de 4 a 9 años, 8 meses en el grupo de edad de 10 a 14 años y de casi 3 años en el grupo de edad de 15 a 19 años.

En la muestra global si bien las diferencias son estadísticamente significativas la menor diferencia se encuentra con el método de GP, seguido del Método de Ebrí IMF, ICMF y la mayor diferencia se encuentra con el de Ebrí IC. Por sexos en la mujer no se encontraron diferencias estadísticamente significativas utilizando el método de GP. En el varón las menores diferencias se encontraron utilizando los métodos de GP y de Ebrí IMF. Por patologías no se encontraron diferencias estadísticamente significativas utilizando el método de GP y por edades no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grupo de 4 a 9 años utilizando el método de Ebrí IMF y en los grupos de edad de 10 a 14 años y de 15 a 19 años utilizando el método de GP.



Si bien cada método tiene sus ventajas e inconvenientes en su aplicación. En base a los resultados del estudio, se recomendaría utilizar:

por sexos: en la mujer el método de GP, ya que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas y en el varón el método de GP seguido del Método de Ebrí IMF, teniendo en cuenta que tienen tendencia a infraestimar la edad en promedio 4 y 5 meses respectivamente.

por patologías: el método de GP tanto en los hipocrecimientos armónicos como disarmónicos ya que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas.

por grupos de edad; en el grupo de edad de 4 a 9 años el método de Ebrí IMF ya que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas y en los grupos de edad entre los 10 años y los 18 años el método de GP.

Aquellos métodos que no muestran diferencias significativas son los que muestran mejor grado de concordancia entre edad ósea y edad cronológica.

En el ámbito clínico se recomendaría realizar un análisis por separado de carpo antes de los 15 años y de las epífisis antes de los 12 años, ya que después correlacionarían negativamente con la edad cronológica siendo importante su estudio, de cara a poder comprender mejor la fisiología y el control endocrino del crecimiento y la maduración ósea y porque pueden ayudar en el diagnóstico de las patologías que afectan al crecimiento.

### 5.1.3 Ritmo madurativo

Se estudió la relación entre el hipocrecimiento (disarmónico/armónico) y la maduración ósea (acorde/adelantada/retrasada) para saber si eran independientes ( $H_0$ ) ó dependientes, para lo que se calcularon las frecuencias totales y se observó:

Se encontraron patrones de maduración normal ( $EO \pm 1$ año EC): GP (55.7%), IC

(38.3%), IMF (52.3%) y ICMF (47.7%). retrasado ( $EC-EO > 1a$ ): GP (26%), IC (56.4%), IMF (30.9%) e ICMF (37.6%) y adelantado ( $EC-EO < -1a$ ): GP (18.1%), IC (5.4%), IMF (16.8%), ICMF (14.8%).

El resultado no fue significativo salvo con la EOICMF. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las proporciones de acuerdo/adelanto y el tipo de hipoprecimiento.

El proceso de maduración ósea no transcurre a la misma velocidad en todos los niños, existiendo maduradores normales, tempranos o tardíos. La maduración es normal, promedio o concordante, cuando la edad ósea (EO) está situada en  $\pm 1$  año con respecto a la edad cronológica (EC) (112), tardía cuando presentan una EO retrasada en más de un año con respecto a la EC y temprana cuando presentan una EO adelantada en más de un año con respecto a la EC.

Una edad ósea retrasada o adelantada en más de un año con respecto a la edad cronológica, está expresando una velocidad de maduración ósea lenta o rápida. En este estudio se encontró un mayor porcentaje de casos de maduradores normales que de maduradores retrasados o adelantados, salvo con el IC en que era mayor el porcentaje de maduradores tardíos. Si un niño presenta un retraso/adelanto de la maduración ósea mayor de dos años en relación a su edad cronológica se debe sospechar de una patología del crecimiento.

En la muestra se encontró que en los hipoprecimientos disarmónicos el 73.3% presentó una edad acorde, un 6.7% un retraso entre 1 y 2 años y un 10% un retraso mayor de dos años y en los hipoprecimientos armónicos el 51.3% presentaron una edad acorde, el 13.4% un retraso entre 1 y 2 años y el 15.1% un retraso mayor de dos años. Con el Método del IC se encontró que en los hipoprecimientos disarmónicos el 33.3% presentaron una edad acorde, un 33.3% un retraso entre 1 y 2 años y un 33.3% un retraso mayor de dos años y en los hipoprecimientos armónicos el 39.5% presentaron una edad acorde, el 16.0% un retraso entre 1 y 2 años y el 37.8% un retraso mayor de dos años.

Estos datos podrían tener una utilidad práctica ya que se observa que el método de Ebrí discrimina o detecta mejor los hipocrecimientos si bien nuevos estudios son necesarios para confirmar o rechazar esta observación.

## 5.2 *Discusión. Muestra 2: Simetría bilateral.*

Los datos recogidos en la literatura relativos a la simetría bilateral en la maduración ósea de la muñeca y mano, se discuten desde varios puntos de vista, en este caso el estudio se centró en la comprobación del número de núcleos de osificación presentes, el tamaño de los mismos y la edad ósea de ambas manos.

### 5.2.1 Número de núcleos de osificación presentes

Se encontró asimetría en un total de 28 casos (18.18%), frente a 126 casos de simetría (81.81%). De los 28 casos de asimetría (19 en la mano izquierda, 9 en la derecha), 20 casos (71.4%) se encontraron en 5 de los 8 huesos del carpo: pisiforme 6 (2d, 4i), semilunar 3 (0d, 3i), escafoides 4 (1d, 3i), trapecio 4 (0d, 4i) y trapecoide 3 (2d, 1i) y 8 casos (28,5%) en las epífisis distal del cúbito 4 (2d,2i), epífisis del 1<sup>er</sup> meta 3 (1d, 2i) y epífisis distal del 5° 1 (1d, 0i). Las diferencias eran más comunes entre los huesos del carpo que en las epífisis.

Por sexos, el porcentaje de asimetría fue mayor en el varón, salvo en los huesos semilunar y escafoides. Se encontró también mayor porcentaje de huesos presentes en la mano izquierda respecto a la derecha salvo en el trapecoide (0.6%i, 1.3%d) y en el cubito (1.3%i, 1.3%d). Por patologías se encontró mayor porcentaje de asimetría en los casos de hipocrecimiento armónico (20.6%) que en los hipocrecimientos disarmónicos (15.3%) y por grupos de edad se encontró mayor asimetría en el grupo de 4 a 9 años (34.5%), que en de 10 a 14 años (4.8%), sin que se encontrara asimetría en el grupo de 14 a 19 años.

Así, en nuestra muestra se encontró un porcentaje de asimetría del 18.18%, que difiere de los estudios de Mennes y Holly (6.4%), si bien su muestra es de recién nacidos y los núcleos de osificación de esta zona anatómica no hacen su aparición hasta los 2 meses,

de los estudios de Torgenser (38.37%) si bien la muestra global (404 casos) es de niños menores de 9 años y en nuestro caso sólo un 48% (74 casos) de la muestra tiene menos de 9 años. Difiere de los 3.7% de Dreizen y el 38.6% de Roche y concuerda con el 18.8% Elgenmark.

Se encontró una tendencia a que haya un mayor número de huesos osificados en la mano izquierda que en la derecha como en todos los estudios publicados, a que diferencias laterales en el número de huesos osificados sean más comunes entre los huesos del carpo que en las epífisis de la muñeca y mano como los estudios de Dreizen y Roche, no así el de Mennes y Holly. Se encontró mayor asimetría en el varón que en la mujer como en la muestra de Mennes, no así la de Roche en la que encuentra mayor asimetría en la mujer, tal vez al tratarse de una muestra entre los 3 y 4 años se deba a que los núcleos de osificación en la mujer aparecen antes.

Autor	Muestra	Asimetría Total	Asimetría por sexo	Asimetría mano	Asimetría Carpo/Huesos largos
Pryor (1916)	554 3m a 14 años Selecciona 77 casos	5 casos (77)	x	x	x
Mennes-Holly (1932)	500 48h de vida	6,4%	7,22% ♂ 5,49% ♀		
Flecker (1932)		(25 casos)		Derecha (16) Izquierda (9)	
Elgenmark (1946)	59 28♂-31♀ 4-60meses (5a)	18,6% (11 casos)		Derecha (4) 6,7% Izquierda (7) 11,8%	>Epífisis
Joseph (1949)	309 europeos 174♂-135♀ 18 a 63 años	5,17% (16 casos)	12 ♂ 4 ♀	5d, 7i ♂ 3d, 1i ♀	Sólo valora Rx laterales 1 <sup>er</sup> dedo, sesamoideo interfalángico
	232 europeos 130 ♂ (13-18 años) 102 ♀ (11-16 años)	6,46% (15 casos)	5♂ 10♀	5d, 0i ♂ 4d, 6i ♀	Sólo valora Rx laterales 1 <sup>er</sup> dedo, sesamoideo interfalángico
Torgersen (1951)	404 <9a	38,37%		Derecha 14,85% Izquierda 23,52%	
Dreizen et al. (1957)	450 227♂-223♀ 1m-16a11m	3,7% (17 casos)		Derecha (7) 1,5% Izquierda (10) 2,2%	>Carpo piramidal 2 (1d, 1i), semilunar 3 (3d), escafoides 4 (4i), trapezio 4 (2d, 2i), trapezoide 4 (1d, 3i).
Roche (1963)	119 61♂-58♀ 3a5m-4a7m	38,6% (73 casos)	20,5% ♂ (15) 42% ♀ (31)		>Carpo
Grijalba (2015)	154 81♂-73♀ 4a-19a	18,18% (28 casos)	25,8% ♂ 9,6% ♀	Derecha (9) 5,7% Izquierda (19) 12,2%	Carpo (20) 13% Epífisis (8) 5,18%

Tabla 5.2.1. Estudio comparativo de la simetría basándose en la presencia/no presencia de los núcleos de osificación.

### 5.2.2 Tamaño de los huesos:

Baldwin (1921) fue el primero en comunicar datos de las medidas de los huesos del carpo con este propósito, utilizando un calímetro para medir el (incluyendo huesos del carpo y epífisis distales de radio y cúbito). Posteriormente Baldwin, Busby y Garside(1928) (153) publicaron series de las medidas del área total del carpo en niños escolares, dividiendo el área total osificada por un área rectangular acotada por un calibrador, siendo este cociente el porcentaje de osificación. En sus estudios no encontraron diferencias estadísticamente significativas en ningún sexo. Más tarde este método se simplificó midiendo sólo la longitud o la anchura del hueso como hicieron Schmid. F and Moll. H(154)(1960), estos métodos planimétricos, son todavía viables como evidencia el método de Cameriere et al (2006) (71).

Sawtell (1929)(155) en una muestra de 112 niños (58 varones y 54 mujeres), midió la anchura de las epífisis distales del radio y cúbito de ambas muñecas, concluyendo que de media no hay diferencias reales en el tamaño de la epífisis del radio y cúbito.

#### 5.2.2.1 Huesos del carpo:

En la muestra global en promedio no hay diferencias estadísticamente significativas entre la longitud máxima de los huesos del carpo de mano izquierda y de mano derecha. Sólo en el escafoides se encontró en promedio una diferencia entre la longitud máxima del núcleo de mano izquierda respecto al de mano derecha de 0.25mm siendo estadísticamente significativa ( $p=0.049$ ); es decir, en la muestra global se encontró que el escafoides de la mano izquierda en promedio era 0.25mm mayor que el escafoides de la mano derecha. No obstante con la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilconxon en la muestra global ( $p=0.071$ ) y por sexos (mujer  $p=0.512$  y varón  $p=0.073$ ) se asumió que la mediana de la diferencia es 0.

En la muestra por sexos se encontró que en la mujer había diferencias estadísticamente significativas en los huesos pisiforme ( $p=0.011$ ) y semilunar ( $p=0.009$ ), en promedio la diferencia fue de 0.44mm [IC-95%: 0.10 a 0.78mm] y

0.37mm [IC-95%: 0.09 a 0.65mm] respectivamente y en el varón había diferencias estadísticamente significativas en el ganchoso ( $p=0.21$ ) en promedio la diferencia fue de -0.23mm [IC-95%: -0.42 a -0.03mm].

En la muestra por patologías no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud máxima de los huesos del carpo entre ambas manos.

En la muestra por grupos de edad se encontraron diferencias estadísticamente significativas del pisiforme ( $n=9$ ) en el grupo de edad de 4 a 9 años ( $p=0.004$ ) siendo en promedio mayor el lado izquierdo que el derecho 0.89mm [IC-95%: 0.36 a 1.41mm].

#### 5.2.2.2 Epífisis distales de radio y cúbito.

En la muestra global no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de la longitud máxima de las epífisis distales del cúbito ( $p=0.069$ ) y del radio ( $p=0.353$ ) entre mano izquierda y derecha. Tampoco se observaron diferencias por sexo ni grupos de edad. Por patologías se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el cúbito ( $p=0.01$ ) en el hipocrecimiento armónico, siendo menor el lado izquierdo en promedio 0.29mm [IC-95%: -0.51 a -0.71].

#### 5.2.2.3 Epífisis de dedos 1º, 3º y 5º

En la muestra global no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de la longitud máxima de las epífisis de los huesos largos entre mano izquierda y derecha, salvo en la epífisis del 1<sup>er</sup> metacarpiano, cabeza meta y falange proximal del 3<sup>er</sup> dedo y la falange proximal del 5º dedo.

En la muestra por sexo se encontró que en las mujeres existen diferencias estadísticamente significativas en la longitud máxima de las epífisis de las falanges proximales del 3<sup>er</sup> ( $p=0.034$ ) y 5º ( $p=0.016$ ) dedos entre mano izquierda y derecha, siendo en promedio menor el lado izquierdo 0,1mm y que en los varones existen diferencias estadísticamente significativas en la longitud máxima de las epífisis del 1<sup>er</sup> metacarpiano ( $p=0.045$ ), cabeza del 3<sup>er</sup> meta ( $p=0.006$ ) y falange proximal del 5º dedo

( $p=0.003$ ), siendo en promedio 0,1mm menor el lado izquierdo (1<sup>er</sup> meta, FP5°) y 0,2mm mayor el lado izquierdo (cabeza 3<sup>er</sup>).

En la muestra por patologías se encontró que en los hipocrecimientos disarmónicos existen diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.042$ ) en la longitud del diámetro máximo de la cabeza del 5° metacarpiano, siendo en promedio 0.2 mm menor el lado izquierdo. En los hipocrecimientos armónicos, se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas en la longitud de la epífisis del 1<sup>er</sup> meta ( $p=0.001$ ) y las falanges proximales del 3° ( $p=0.027$ ) y 5° ( $p=0.001$ ) dedos, siendo en promedio 0.1 mm menor el lado izquierdo.

En la muestra por grupos de edad en el grupo de edad de 4 a 9 años no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud máxima entre los núcleos de mano izquierda y derecha. En el grupo de edad de 10 a 14 años sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las longitudes máximas de la epífisis del 1<sup>er</sup> dedo ( $p=0.004$ ) y las falanges proximales del 3° ( $p=0.001$ ) y 5° ( $p=0.002$ ) dedos, siendo en promedio 0,2 mm menor el lado izquierdo. En el grupo de edad de 15 a 19 años sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la longitud máxima de la epífisis del 1<sup>er</sup> dedo ( $p=0.012$ ) siendo en promedio 0.3 mm menor el lado izquierdo.

Del total de núcleos estudiados (21) en la muestra global se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas manos en 5 huesos (23,8%): 1 (4,8%) perteneciente al carpo (escafoides) y 4 (19%) a las epífisis de (Epífisis 1<sup>er</sup> dedo, FP 3° y 5°, cabeza 3<sup>er</sup> dedo), siendo en promedio menor el lado izquierdo en las Epífisis 1<sup>er</sup> dedo y FP 3° y 5° (0.1mm) y mayor el lado izquierdo en la cabeza del 3<sup>er</sup> meta (0.1mm) y el escafoides (0.2mm).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diámetros máximos de los huesos del carpo y las epífisis entre ambas manos en los siguientes huesos: ganchoso (♂), semilunar (♀), escafoides (muestra global), pisiforme (♀, grupo de 4 a 9 años), cúbito (hipocrecimiento armónico), epífisis 1<sup>er</sup> dedo (muestra global, ♂, hipocrecimiento armónico, grupos de edades de 10 a 19 años), cabeza 3<sup>er</sup> meta (muestra



global y ♂), falange proximal 3<sup>er</sup> dedo (muestra global, ♀, hipocrecimiento armónico y grupo de edad de 10 a 14 años), cabeza 5° meta (hipocrecimiento disarmónico) y falange media 5° dedo (muestra global, ♂, ♀, hipocrecimiento armónico, grupo de edad de 10 a 14 años).

Se encontró un predominio de mayor tamaño del lado derecho en las epífisis (salvo la cabeza del 5° meta) y del lado izquierdo en los huesos del carpo (salvo el ganchoso), si bien el promedio de las diferencias oscilaron desde el mínimo de 0,009mm al máximo de 0,89mm, considerando que aunque sean significativas son demasiado pequeñas como para considerarlas como fuente de asimetría en la maduración ósea, siendo congruente con los resultados de estudios anteriores.

### 5.2.3 Comparación de las edades óseas de ambas manos

En la muestra (n 154) se encontró que en 146 casos (94.8%) la edad ósea de mano izquierda estimada por el método de GP era la misma que la EO de mano derecha, en los 8 casos restantes (5.2%) había asimetría: en 3 casos (1.5%) la edad ósea de mano izquierda estaba adelantada 6 meses respecto a mano derecha (IRC, retraso madurativo, displasia no osificante), en 4 casos (2.6%) estaba adelantada 1 año (2 histiocitosis, 1 talla baja idiopática, 1 no consta) y en 1 caso (0.6%) estaba retrasada 1 año (histiocitosis) respecto a la EO de la mano derecha.

De los 8 casos (5.2%) en los que había disparidad en la EOGP en mano izquierda respecto a derecha, 5 casos eran mujeres (3.2%) y 3 casos varones (1.9%). El promedio de la diferencia entre ambas manos fue de 0.028 años en la mujer y de 0.030 años en el varón a favor de mano izquierda pero esas diferencias no eran estadísticamente significativas.

En la muestra global se asumió que en promedio no hay diferencias estadísticamente significativas entre la edad ósea de mano izquierda y derecha utilizando el método de GP ( $p=0.060$ ) y el de Ebrí ICMF ( $p=0.859$ ) pero si se encontraron diferencias estadísticamente significativas utilizando el método de Ebrí IC

( $p=0.019$ ) e IMF ( $p=0.004$ ), diferencias que analizando la muestra por sexos se encontraron en la mujer (IC  $p=0.036$ , IMF  $p=0.007$ ) pero no en el varón (IC  $p=0.20$  y IMF  $p=0.15$ ).

En la muestra por sexos, en la mujer utilizando el método de Ebrí IC, se encontró que la media de las diferencias de la edad ósea entre la mano izquierda y derecha es de 0.07 años (menos de 1 mes) y que esta diferencia es significativa ( $p=0.036$ ); es decir, la mano izquierda está adelantada madurativamente en promedio 1 mes respecto a la mano derecha ( $95\% < 1$  mes y  $1\frac{1}{2}$  mes). Utilizando el método de Ebrí IMF, se encontró que la media de las diferencias de la edad ósea entre la mano izquierda y la derecha es de -0.08 años (menos de 1 mes) y que esta diferencia es significativa ( $p=0.007$ ); es decir, la mano izquierda está retrasada madurativamente en promedio 1 mes respecto a la mano derecha [IC-95%: 1.8 a 0.24 meses].

En la muestra por patologías se valoraron sólo los hipocrecimientos, dado el escaso número de casos con hipercrecimiento y se comprobó que en promedio no había diferencias estadísticamente significativas entre las edades óseas de la mano izquierda y de la derecha en el hipocrecimiento disarmónico independientemente del método que se utilice. En el hipocrecimiento armónico no se encontraron diferencias estadísticamente significativas utilizando los métodos de GP y de Ebrí IC e ICMF, pero sí se utilizando el método de Ebrí IMF ( $p=0.014$ ), siendo en promedio la diferencia entre mano izquierda y derecha de -0.06 años (menos de 1 mes); es decir, en el hipocrecimiento armónico utilizando el método de Ebrí IMF, se encontró que la mano izquierda está retrasada madurativamente 1 mes respecto a la mano derecha [IC-95%: 1 mes y medio a 0.16 meses].

En la muestra por edades en el grupo de 4 a 9 años se asumió que no hay diferencias estadísticamente significativas de las EO entre mano izquierda y derecha salvo utilizando el método de Ebrí IC encontrando que en promedio hay una diferencia entre mano izquierda y derecha de 0.094 años (1 mes) y que esta diferencia es significativa ( $p=0.003$ ); es decir, en el grupo de edad de 4 a 9 años en promedio, la mano izquierda está adelantada madurativamente 1 mes respecto a la mano derecha ( $95\%$  adelanto entre 2 y 4 meses). En el grupo de 10 a 14 años se asumió que no hay

diferencias estadísticamente significativas de las EO entre la mano izquierda y la derecha salvo utilizando el método de Ebrí IMF encontrando que la media de las diferencias entre mano izquierda y derecha era de -0.11 años (aproximadamente 1 mes) y que esta diferencia era significativa ( $p=0.003$ ); es decir, en el grupo de edad de 10 a 14 años en promedio, la mano izquierda está retrasada madurativamente 1 mes respecto a la mano derecha [IC-95%: 2 meses a 0.3m). En el grupo de edad de 15 a 19 años no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las edades óseas de la mano izquierda y la derecha, independientemente del método utilizado.

En el hombre, en los hipocrecimientos disarmónicos y en el grupo de edad de 15 a 19 años no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la edad ósea de mano izquierda y derecha independientemente del método utilizado.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas:

En la mujer utilizando el método de Ebrí **IC**, la mano izquierda se encontró **adelantada** madurativamente en promedio 1 mes, mientras que utilizando el método de Ebrí IMF, en promedio, la mano izquierda se encontró retrasada madurativamente 1 mes.

En el hipocrecimiento armónico utilizando el método de Ebrí IMF, se encontró que la mano izquierda está retrasada madurativamente 1 mes respecto a la mano derecha.

En la muestra por edades en el grupo de edad de 4 a 9 años utilizando el método de Ebrí **IC** se encontró que en promedio la mano izquierda está **adelantada**, mientras que en el grupo de 10 a 14 años utilizando el método de Ebrí IMF se encontró que en promedio, la mano izquierda está retrasada madurativamente 1 mes respecto a la mano derecha. Se observó una tendencia a que en grupos de menor edad la mano izquierda fuera más madura y al revés en los grupos de mayor edad.

En la muestra por sexo, patologías y grupos de edad se asume que no hay diferencias estadísticamente significativas de las EO de la mano izquierda y la derecha

salvo en el grupo de mujer con hipocrecimiento armónico y edad de 10 a 14 años (n=21) en el que se encontró que utilizando el método de Ebrí IMF, la media de las diferencias entre la EO de la mano izquierda y la derecha era de -0.16 años (retraso de la izquierda de casi 2 meses) y que esta diferencia era significativa ( $p=0.007$ ) (95% retraso entre 3 meses y medio mes).

Todd (1937), Francis y Werle (1939), Francis (1940), Pyle et al. (1948) y Mann et al. (1948) expresaron la importancia de las endocrinopatías, enfermedades y deficiencia nutricional crónica, como fuente de asimetría si bien en nuestra muestra no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ni en la muestra global ni en la muestra por sexos, patologías ni grupos de edad entre las edades óseas de mano izquierda y derecha utilizando el método de Greulich y Pyle.

Tanto en la muestra global, como por sexos, patologías y grupos de edad, no se evidenció asimetría, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las edades óseas de mano izquierda y derecha estimada por los métodos de GP y de Ebrí ICMF. Y si bien se evidenció asimetría significativa con los métodos de Ebrí IC e IMF en la muestra global (IC e IMF), por sexos en la mujer (IC e IMF), en el hipocrecimiento armónico (IMF) y por edades entre los 4 y los 9 años (método de IC) y entre los 10 años y los 14 años (método de IMF), en promedio las diferencias fueron menores de 6 meses por lo que tal como señaló Dreizen, aplicando una tolerancia de 6 meses en los datos obtenidos en esta serie permiten señalar que las diferencias en la maduración ósea entre ambas manos son tan pequeñas que pueden ser despreciadas.

Autor (año)	N (sexo) Grupo edad	Método	Simetría (EOi=EOd)	Asimetría (muestra global/sexo)
Mennes y Holly (1932)				12,71% 7,22% ♂-5,49% ♀
Greulich y Pyle (1951)	435	Greulich-Pyle	97,1%	2,98%
Torgersen (1951)	404 <9a		61,63% (249)	38,36% (155) I > D (95) D>I 60 casos
Dreizen et al. (1957)	450 (227♂-223♀) Birmingham 1m-16a11m	Greulich-Pyle Inspeccional de Todd y Red- Graph	26% (117) Diferencias significativas muy pequeñas	[52% (d>i), 22% (i>d)] 87% (dif 1-3m) 11,5% (dif 4-6m) 1,5% (dif>6m)
Baer M.J, Durkatz J. (1957)	245 (123♂-122♀) 239 caucasianos 5 negroides 1 mongoloide 474 Rx	Greulich-Pyle Compara simetría hueso a hueso	No diferencias estadísticamente significativas en ambos sexos	Carpo: 45,8% ♂- 41,4% ♀ Epifisis: 24,8% ♂- 24,5% ♀
Roche (1963)	119 (61♂-58♀) Australianos 3a5m-4a7m	Greulich-Pyle	Diferencias significativas en ♂ muy pequeñas	diferencia max ♂ 1m, ♀ 1,76m I >madura que D
de Moraes, L.M.E (1995)	207 (99♂-108♀) 4a1m-12a11m	Greulich-Pyle	55%	44,4% (discreta) 5,79% (acentuada) 4,95% ♂-7,58% ♀
Coronado MA (2008)	84 (54♂-30 ♀) 8a-15a	Abdel-Kader		
Martin DD et al. (2010)	3.374 Rx i/2.752 Rxd 2-20 años	BoneXpert BA	Ninguna diferencia promedio (<0,07 años, 95% confianza) SD Dif i-d 0,25 años en ambos sexos	
Hackman L y Black S (2012)	808 (545 ♂-273♀) 1a-21a			
Safer A.N et al (2015)	125 (65 ♂-60♀) 8a-20a	Fishman	79%	grupo SMI 1.3 (i>d) grupo SMI 11 (d>i)
Grijalba (2015)	154 (81♂-73♀) 308 Rx 4a-19a	Greulich-Pyle	94,8%	5,2% 1,9% ♂-3,2% ♀

Tabla 5.2.3. Estudio comparativo de la simetría basándose en la edad ósea de ambas manos.

# CONCLUSIONES

El estudio realizado sobre la muestra de población analizada ha llevado a las siguientes conclusiones:

Primera. Si pretendemos estimar la edad cronológica de un niño con patología del crecimiento basándonos en la edad ósea, hemos de tener en cuenta las variaciones específicas que se producen en sus parámetros de maduración, informando a las autoridades sobre las limitaciones de la estimación.

Segunda. La edad ósea de los niños con hipocrecimiento habitualmente está retrasada respecto a la edad cronológica, porque su ritmo madurativo generalmente se encuentra enlentecido.

Tercera. En la muestra global se comprobó que edad cronológica y ósea difieren, la edad ósea está "retrasada" respecto a la edad cronológica, en promedio 3 meses (EOGP), 6 meses (EOIMF), 8 meses (EOICMF) y 18 meses (EOIC) según el método de estimación. Estas diferencias fueron significativas. Todos los métodos infraestimaban la edad pero más los métodos métricos.

Cuarta. En la muestra por patologías, con el método de GP, se encontró mayor retraso madurativo en los hipocrecimientos armónicos (3 meses) que los disarmónicos (2 meses), si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Quinta. En los hipocrecimientos armónicos un 13.4% presentó un retraso entre 1 y 2 años y un 15,1% un retraso mayor de dos años, mientras que en los hipocrecimientos disarmónicos el 6.7% presentó un retraso entre 1 y 2 años y el 10% un retraso mayor de dos años.

Sexta. En la muestra global se encontró una asimetría madurativa entre los huesos del carpo y las epífisis: los huesos del carpo presentan mayor retraso madurativo (en promedio 19m) que las epífisis (en promedio 6m).

Séptima. El retraso madurativo del carpo se produce en ambos tipos de

hipocrecimiento, es mayor en el varón (en promedio 2 años) que en la mujer (8 meses), se mantiene retrasado pero constante entre los 4 y los 14 años de edad, pero aumenta significativamente a partir de los 15 años.

Octava. El retraso madurativo de las epífisis fue mayor en el hipocrecimiento armónico (7 meses) que en el disarmónico (4 meses), en la mujer (en promedio 7 meses) que en el varón (5 meses) y a partir de los 10 años de edad, si bien aumentó significativamente a partir de los 15 años de edad.

Novena. Se obtuvieron cuatro ecuaciones mediante la aplicación de la regresión lineal, que nos permiten estimar la variable dependiente edad cronológica a partir de la variable independiente edad ósea estimada con el Método de Greulich y Pyle, en función del sexo y del tipo de hipocrecimiento.

Décima. La concordancia entre las dos variables cuantitativas (EC/EO), evaluada mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass fue muy buena o excelente en todos los métodos siendo mayor con el método de GP,

Undécima. Si bien en promedio las diferencias entre la edad cronológica y la edad ósea, eran inferiores a un año, salvo la edad ósea carpiana, el 95% de las diferencias se encontraban en unos límites de concordancia muy amplios desde los -2 años a los 5 años, con las limitaciones que ello conlleva en el ámbito forense.

Duodécima. En el ámbito forense se recomienda utilizar el Método de Greulich y Pyle subjetivo dada su universalidad, fácil aplicación y menor dispersión de sus resultados, mientras que en el ámbito clínico se recomienda el uso del Método de Ebrí porque realizar un análisis por separado del estatus madurativo de carpo y epífisis ayuda a comprender mejor la fisiología y el control endocrino de la maduración ósea y puede informar sobre el estado salud o enfermedad de un niño.

Decimotercera. Se recomienda el uso de la mano izquierda por razones de estandarización si bien y aunque numerosos autores expresaron la importancia de la enfermedad como fuente de asimetría, en la muestra analizada no se evidenciaron



diferencias estadísticamente significativas ni en la muestra global ni en la muestra por sexos, patologías (hipocrecimientos), ni grupos de edad entre las edades óseas de mano izquierda y derecha utilizando el método de Greulich y Pyle y el Método de Ebrí (ICMF).

Decimocuarta. Son necesarios más estudios específicos tanto en población con patología del crecimiento como con el método de Ebrí.

## BIBLIOGRAFÍA

1. [http://www.defensordelpueblo.es/es/Documentacion/Publicaciones/monografico/Documentacion/Menores-O-Adultos-Procedimientos\\_para\\_la\\_determinacion\\_de\\_la\\_edad-v OPT.pdf](http://www.defensordelpueblo.es/es/Documentacion/Publicaciones/monografico/Documentacion/Menores-O-Adultos-Procedimientos_para_la_determinacion_de_la_edad-v OPT.pdf).
2. Tanner, JM. Growth at adolescence. Oxford Blackwell Scientific Publications; 1962.
3. Cameron, N. Assessment of growth and maturation during adolescence. *Horm Res.* 1993;39 Suppl 3:9-17.
4. Cameron N, Grieve CA, Kruger A, Leschner KF. Secondary sexual development in rural and urban South African black children. *Ann Hum Biol.* 1993;20(6):583-93.
5. Garn SM, Lewis AB, DL P. Variability of Tooth Formation. *J Dent Res* 38:135-48. (1959).
6. Ungar, AL. Incidence and effect of premature loss of deciduous teeth. *Int J Orthod*, 1937; 24:613-25.
7. Ubelaker, DH. Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation. 3<sup>a</sup>ed. Manuals on archaeology. Taraxacum. Washington.(1999).
8. Nambiar P, Yaacob H, Menon R. Third molars in the establishment of adult status a case report. *J Forensic Odontostomatol.* 1996;14(2):30-3.
9. Dermijian A GL, Tanner JH. A new system of dental age assessment. *Human Biol*, 1973; 42: 211-27.
10. Garn SM, AB L. Relationship between third molar agenesis and reduction in tooth number. *Angle Orthodontist* 32(1):14-8.(1962).
11. Kieser JA. Human Adults Odontometrics: The Study of Variation in Adult Tooth Size. New York: Cambridge University Press (1999).
12. Prieto J.L. La maduración del tercer molar y el diagnóstico de la edad. *Evolución y estado actual de la cuestión.* *Cuad Med Forense* 2008;14(51):11-24.
13. Mincer HH, Harris EF. The A.B.F.O. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. *J For Sci* , 1993; 38(2):379-90.
14. Garamendi PM. Estimación forense de la edad en torno a 18 años. *Revisión bibliográfica: Cuadernos de Medicina Forense* n° 31-Enero 2003; 13-23.
15. Todd TW. Atlas of skeletal maturation (Hand). CV Mosby Co, St. Louis; 1937.
16. Benso L, Vannelli S, Pastorin L, Angius P, Milani S. Main problems associated with bone age and maturity evaluation. *Horm Res.* 1996;45 Suppl 2:42-8.
17. Garamendi González PM, Landa Tabuyo MI. Determinación de la edad mediante la radiología. *Revista Española de Medicina Legal.* 2010;36(01):3-13.
18. Roland C. Hauspie, Noël Cameron, Molinari L. *Methods in Human Growth Research* Cambridge: Cambridge University Press; 2004.
19. Lamparski D. Skeletal age assesment utilizing cervical vertebra. MS Thesis, School Dental Medicine, University of Pittsburgh, Pittsburgh; 1972.
20. Hassel B, AG F. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107:19.
21. Baccetti T, Franchi L. An improved versión of the cervical vertebral maturation (CMV) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002;72:316-23.
22. Schmeling A, Schulz R, Reisinger W, Mühler M, Wernecke KD, Geserick G. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage

in conventional radiography. *Int J Legal Med.* 2004;118(1):5-8.

23. Sauvegrain J, Nahum H, H B. Study of bone maturation of the elbow. *Ann Radiol (Paris)*. 1962;5:542-50
24. Diméglio A, Charles YP, Daures JP, De Rosa V, 2005 KB. Accuracy of the Sauvegrain method in determining skeletal age during puberty. *J Bone Joint Surg Am.*2005; 87:1689-96
25. Schedewie H, Braselman A, Willich E, The determination of bone age in the elbow as compared to the hand. A study in 390 children. *Rev Interam Radiol.* 1979 Jan;4(1):11-7.
26. Risser JC, AB. F. Scoliosis: its prognosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1936;3:667-70.
27. Risser JC. The iliac epiphysis: an invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop.* 1958; 11:111-8.
28. Pyle SI, Hoerr NL. Radiographic atlas of skeletal development of the knee. Springfield: Charles C Thomas. 1955.
29. Whitaker JM, Rousseau L, Williams T, Rowan RA, Hartwig WC. Scoring system for estimating age in the foot skeleton. *Am J Phys Anthropol.* 2002;118(4):385-92.
30. Hernández M, Sánchez B, Sobradillo B, JM. R. Maduración ósea y predicción de la talla. *Atlas y Métodos Numéricos.* Madrid: Díaz Santos; 1991.
31. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. *Pediatr. Radiol.* 1988, 18:484-489.
32. Schulz R, Mühler M, Mutze S, Schmidt S, Reisinger W, Schmeling A. Studies on the time frame for ossification of the medial epiphysis of the clavicle as revealed by CT scans. *Int J Legal Med.* 2005;119(3):142-5.
33. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Pfeiffer H, Schmeling A. Enhanced possibilities to make statements on the ossification status of the medial clavicular epiphysis using an amplified staging scheme in evaluating thin-slice CT scans. *Int J Legal Med.* 2010;124(4):321-5.
34. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Schmeling A. Forensic age estimation in living subjects based on the ossification status of the medial clavicular epiphysis as revealed by thin-slice multidetector computed tomography. *Int J Legal Med.* 2010;124(2):149-54.
35. Wang YH, Wei H, Ying CL, Wan L, Zhu GY. Progress in thin layer CT scan technology in estimating skeletal age of sternal end of clavicle. *Fa Yi Xue Za Zhi.* 2013;29(2):130-3.
36. Wang YH, Wei H, Ying CL, Wan L, Zhu GY. The staging method of sternal end of clavicle epiphyseal growth by thin layer CT scan and imaging reconstruction. *Fa Yi Xue Za Zhi.* 2013;29(3):168-71,79.
37. Wittschieber D, Schulz R, Vieth V, Küppers M, Bajanowski T, Ramsthaler F, et al. The value of sub-stages and thin slices for the assessment of the medial clavicular epiphysis: a prospective multi-center CT study. *Forensic Sci Med Pathol.* 2014;10(2):163-9.
38. Moskovitch G, Dedouit F, Braga J, Rougé D, Rousseau H, Telmon N. Multislice computed tomography of the first rib: a useful technique for bone age assessment. *J Forensic Sci.* 2010;55(4):865-70.
39. Dedouit F, Bindel S, Gainza D, Blanc A, Joffre F, Rougé D, et al. Application of the Iscan method to two- and three-dimensional imaging of the sternal end of the right fourth rib. *J Forensic Sci.* 2008;53(2):288-95.
40. Dang-Tran KD, Dedouit F, Joffre F, Rougé D, Rousseau H, Telmon N. Thyroid

cartilage ossification and multislice computed tomography examination: a useful tool for age assessment? *J Forensic Sci.* 2010;55(3):677-83.

41. Harth S, Obert M, Ramsthaler F, Reuß C, Traupe H, MA V. Estimating age by assessing the ossification degree of cranial sutures with the aid of flat-panel-CT. *Legal Med.* 2009;11:S186–S189.

42. Chiba F, col e. Age estimation by multidetector CT images of the sagittal suture. *Int J Legal Med.* 2013;127:1005–1011.

43. Pludowski P, Lebedowski M, Lorenc RS. Evaluation of practical use of bone age assessments based on DXA-derived hand scans in diagnosis of skeletal status in healthy and diseased children. *J Clin Densitom.* 2005;8(1):48-56.

44. D H M Heppe, H R Taal, G D S Ernst, E L T Van Den Akker, M M H Lequin, A C S Hokken-Koelega, et al. Bone age assessment by dual-energy X-ray absorptiometry in children: an alternative for X-ray? *Br J Radiol* 2012 Feb 17;85(1010):114-20 Epub 2011 May 17. 2012.

45. Mentzel HJ, Vogt S, Vilser C, Schwartz T, Eulenstein M, Böttcher J, et al. [Assessment of skeletal age using a new ultrasound method]. *Rofo.* 2005;177(12):1699-705.

46. XU Hao, SHAO Huiqiu, WANG Lei, JIN Jizhong, Jianping W. Methodological Comparison between Ultrasound and X-ray Evaluations of Bone Age. *Journal of Sports and Science* 2008-06.

47. Khan KM, Miller BS, Hoggard E, Somani A, Sarafoglou K. Application of ultrasound for bone age estimation in clinical practice. *J Pediatr.* 2009;154(2):243-7.

48. Schmidt S, Schiborr M, Pfeiffer H, Schmeling A, Schulz R. Age dependence of epiphyseal ossification of the distal radius in ultrasound diagnostics. *Int J Legal Med.* 2013;127(4):831-8.

49. Schulz R, Schiborr M, Pfeiffer H, Schmidt S, Schmeling A. Forensic age estimation in living subjects based on ultrasound examination of the ossification of the olecranon. *J Forensic Leg Med.* 2014;22:68-72.

50. Castriota-Scanderbeg A, De Micheli V. Ultrasound of femoral head cartilage: a new method of assessing bone age. *Skeletal Radiol.* 1995;24(3):197-200.

51. Castriota-Scanderbeg A, Sacco MC, Emberti-Gialloreti L, Fraracci L. Skeletal age assessment in children and young adults: comparison between a newly developed sonographic method and conventional methods. *Skeletal Radiol.* 1998;27(5):271-7.

52. Schulz R, Zwiesigk P, Schiborr M, Schmidt S, Schmeling A. Ultrasound studies on the time course of clavicular ossification. *Int J Legal Med.* 2008;122(2):163-7.

53. Quirnbach F, Ramsthaler F, Verhoff MA. Evaluation of the ossification of the medial clavicular epiphysis with a digital ultrasonic system to determine the age threshold of 21 years. *Int J Legal Med.* 2009;123(3):241-5.

54. Schmidt S, Schiborr M, Pfeiffer H, Schmeling A, Schulz R. Sonographic examination of the apophysis of the iliac crest for forensic age estimation in living persons. *Sci Justice.* 2013;53(4):395-401.

55. Dvorak J, George J, Junge A. Application of MRI of the wrist for age determination in international U-17 soccer competitions. *British Journal of Sports Medicine.* 2007;41(8):497-500.

56. Schmidt S, Vieth V, Timme M, Dvorak J, Schmeling A. Examination of ossification of the distal radial epiphysis using magnetic resonance imaging. New insights for age estimation in young footballers in FIFA tournaments. *Sci Justice.* 2015;55(2):139-44.

57. George J, Nagendran J, Azmi K. Comparison study of growth plate fusion using MRI versus plain radiographs as used in age determination for exclusion of overaged

football players. Br J Sports Med. 2012;46(4):273-8.

58. Dedouit F, Auriol J, Rousseau H, Rougé D, Crubézy E, Telmon N. Age assessment by magnetic resonance imaging of the knee: a preliminary study. Forensic Sci Int. 2012;217(1-3):232.e1-7.

59. Krämer JA, Schmidt S, Jürgens KU, Lentschig M, Schmeling A, Vieth V. Forensic age estimation in living individuals using 3.0 T MRI of the distal femur. Int J Legal Med. 2014;128(3):509-14.

60. Krämer JA, Schmidt S, Jürgens KU, Lentschig M, Schmeling A, Vieth V. The use of magnetic resonance imaging to examine ossification of the proximal tibial epiphysis for forensic age estimation in living individuals. Forensic Sci Med Pathol. 2014;10(3):306-13.

61. Wittschieber D, Vieth V, Timme M, Dvorak J, Schmeling A. Magnetic resonance imaging of the iliac crest: age estimation in under-20 soccer players. Forensic Sci Med Pathol. 2014;10(2):198-202.

62. Schmidt S, Mühler M, Schmeling A, Reisinger W, Schulz R. Magnetic resonance imaging of the clavicular ossification. Int J Legal Med. 2007;121(4):321-4.

63. Vieth V, Schulz R, Brinkmeier P, Dvorak J, Schmeling A. Age estimation in U-20 football players using 3.0 tesla MRI of the clavicle. Forensic Sci Int. 2014;241:118-22.

64. Kothary P, Rosenberg ZS. Skeletal developmental patterns in the acromial process and distal clavicle as observed by MRI. Skeletal Radiol. 2015;44(2):207-15.

65. Saint-Martin P, Rérolle C, Dedouit F, Bouilleau L, Rousseau H, Rougé D, et al. Age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis and the calcaneum. Int J Legal Med. 2013;127(5):1023-30.

66. Schmid F, H. M. Atlas der normalen und pathologischen Handskelettentwicklung. Heidelberg 1960.

67. Sinclair RJG, Kitchin AH, RWD. T. The Marfan Syndrome. *Quarterly Journal of Medicine* 1960. p. 113:19-47.

68. Eklöf O, Ringertz H. A method for assessment of skeletal maturity. Ann Radiol. 1967; 10(3-4): 330-336.

69. Ebrí Torné B, Ebrí Verde I. Índices numéricos Ebrí metacarpofalángico y carpiano para el cálculo de la edad ósea y predicción de talla adulta. An Pediatr (Barc). 2012 p. 76(4):199-213.

70. Ebrí Torné B. Estudio comparativo de las edades óseas Tanner-Rus, Tanner Carpal, Ebrí Carpal, Ebrí Metacarpofalángica y Greulich y Pyle. Acta Pediátrica Española; 1997p. 55(8): 369-74.

71. Cameriere R, Ferrante L, Mirtella D, Cingolani M. Carpals and epiphyses of radius and ulna as age indicators. Int J Legal Med. 2006;120(3):143-6.

72. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM, JL. N. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. . Pediatr. Radiol., 18:484-489. 1988. .

73. Greulich WW, SI. P. “*Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*”. University Press. Stanford. 2<sup>nd</sup> ed. 1959.

74. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. Arch Dis Child. 1976;51(3):170-9.

75. Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy MJR, NH. G. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method).. 13<sup>th</sup> ed. London: WB Saunders; 2001.

76. Chumlea WC, Roche AF, D. T. The FELS Method of assessing the skeletal

maturity of the hand-wrist. Am J Hum Biol. 1989.

77. Toledo F, Rodríguez I, F. R. Atlas radiológico de referencia de la edad ósea en la población canaria. Fundación Canaria Salud y Sanidad. Cabildo de Tenerife; 2009.
78. Sempé M, Pavía C. Maduración ósea: método auxorradiográfico Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 1994.
79. Thiemann HH, I. N. "*Röntgenatlas der normalen Hand im Kindersalter*". Georg Thieme. Leipzig and Stuttgart 2nd ed; 1991.
80. Atlas de maduración ósea del venezolano. Caracas, Venezuela: Fundación de Centro de Estudio sobre Crecimiento y Desarrollo Humano de la población Venezolana (FUNDACREDESA). Intenso Offset C.A; 2003.
81. Suanes Cabello A, Cañete Estrada R. Sistema automatizado de evaluación de la maduración ósea aplicado al método Tanner-Whitehouse 2. An Esp Pediatr;1999 p. 134-9.
82. Tanner JM, Gibbons RD. A computerized image analysis system for estimating Tanner-Whitehouse 2 bone age.: Horm Res 1994; 42:282–287 14.
83. Tanner JM, Oshman D, Lindgren G, Grunbaum JA, Elsouki R, DR L. Reliability and validity of computer-assisted estimates of Tanner-Whitehouse skeletal maturity (CASAS): comparison with the manual method. 1994. Horm Res 42:288–294 15.
84. Dickhaus H, S W. Computer assisted bone age assessment. Medinfo 1995; 8:709–713 16.
85. Cao F, Huang HK, Pietka E, Gilsanz V. Digital hand atlas and web-based bone age assessment: system design and implementation. Comput Med Imaging Graph. 2000;24(5):297-307.
86. Pietka E, Gertych A, Pospiech S, Cao F, Huang HK, Gilsanz V. Computer-assisted bone age assessment: image preprocessing and epiphyseal/metaphyseal ROI extraction. IEEE Trans Med Imaging. 2001;20(8):715-29.
87. d'auxologie LGF.  
[http://www.auxologie.com/maturation\\_squelettique/matueros.php](http://www.auxologie.com/maturation_squelettique/matueros.php).
88. Hill K, A fully automated bone-ageing system. Acta Paediatr; 1994. p. 81-3.
89. Thodberg HH, Kreiborg S, Juul A, Pedersen KD. The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. IEEE Trans Med Imaging. 2009;28(1):52-66.
90. al. TySMe. <http://www.bonexpert.com/> (Thodberg 2009, Thodberg y Sävendahl 2010, Martin et al.2009).
91. Thodberg HH, Neuhof J, Ranke MB, Jenni OG, Martin DD. Validation of bone age methods by their ability to predict adult height. Horm Res Paediatr. 2010;74(1):15-22.
92. Gilsanz V, Ratib O. Hand Bone Age, A Digital Atlas of Skeletal Maturity. 2 ed: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2012.
93. Khan KM, Gonzalez-Bolanos MT, Holm T, Miller BS, Sarafoglou K. Use of Automated Bone Age for Critical Growth Assessment. Clin Pediatr (Phila). 2015 Oct;54(11):1038-43. doi: 10.1177/0009922815572076.
94. Ranabothu S, Kaskel FJ. Validation of automated Greulich-Pyle bone age determination in children with chronic renal failure? Pediatr Nephrol. 2015 Jul;30(7):1051-2. doi: 10.1007/s00467-015-3103-9.
95. De Sanctis V, Soliman AT, Di Maio S, Bedair S. Are the new automated methods for bone age estimation advantageous over the manual approaches? Pediatr Endocrinol Rev. 2014;12(2):200-5.
96. Martin DD, Neuhof J, Jenni OG, Ranke MB, Thodberg HH. Automatic determination of left- and right-hand bone age in the First Zurich Longitudinal Study.

Horm Res Paediatr. 2010;74(1):50-5.

97. Duren DL, Nahhas RW, Sherwood RJ. Do Secular Trends in Skeletal Maturity Occur Equally in Both Sexes? Clin Orthop Relat Res. 2015 Aug;473(8):2559-67. doi: 10.1007/s11999-015-4213-1.
98. Garamendi González PM, Bañón González R, Pujol Robinat A, Aguado Bustos FF, Landa Tabuyo MI, Prieto Carrero JL, et al. Recomendaciones sobre métodos de estimación forense de la edad de los menores extranjeros no acompañados. Documento de Consenso de Buenas Prácticas entre los Institutos de Medicina Legal de España (2010). Revista Española de Medicina Legal. 2011;37(01):22-9.
99. Sadler TW, Langman J. Langman embriología médica: con orientación clínica 10ª Edición ed: Ed. Médica Panamericana; 2008.
100. Eynar AR, Valentich MA, RA. R. Histología y embriología del ser humano. 4ª ed. ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2008.
101. Krogman WM, MY. I. The Human Skeleton in Forensic Medicine: 2.a ed. Springfield: Charles C Thomas; 1986.
102. P. RP. Valoración y utilidad de la edad ósea en la práctica clínica. Form Act Pediatr Aten Prim.2011;4:253-7.
103. Rivero Rabilero E, Gomez Hernandez D, Crespo Rodríguez A.M, Hualde Juvero A, Carmona Rodriguez M.S. Interpretación básica de una radiografía simple de la muñeca y mano. Lo que un radiólogo necesita saber: Presentación Electrónica Educativa SERAM 2012.
104. Rakosi T, J. I. Atlas de ortopedia maxilar: Diagnóstico. Masson.Salvat odontología.1992.
105. A VJ, A FM, L. M. Ortopedia Dentofacial. México: Tomo 1, 1ª Edición. Editorial Actualidades Médico Odontológica Latinoamérica; 1996.
106. Martin DD. The Use of Bone Age in Clinical Practice—Part 1. Hormone Reseach in Paediatric 2011;p.76:1–9.
107. Bañón R. El estudio de la edad ósea en el carpo y en otras regiones anatómicas aplicado a la estimación de minoría de edad. Jornadas sobre Determinación de edad en menores indocumentados. Donostia.marzo de 2004.
108. Acheson RH. A method of assessing skeletal maturity from radiographs: a report from the Oxford Child Health Survey. J. Anat., London, 1954; 88: 498-508.
109. Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy M, H. G. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2). 2.a ed. London: London Academy Press; 1983
110. Johnston FF, Jahina SB. The Contribution of the Carpal Bones to the Assessment of Skeletal Age. AM. J. PHYS. ANTHROP. 1965, 23: 349-354.
111. Hernández Rodríguez M. Maduración ósea y predicción de talla. Rol Pediatr 1991; 32: 265-272.
112. Pombo M, Castro-Feijóo L, P. CR. El niño de talla baja. Protoc diagn ter pediatr. 2011;236-54.
113. Herrera E, Pavía C, Yturriaga R. Crecimiento: Ediciones Díaz de Santos 1995.
114. Cusminsky M, Lejarraga H. Manual de crecimiento y desarrollo del niño. 2ª Edición ed: Organización Panamericana de la salud; 1994.
115. Pombo Arias M. Tratado de endocrinología pediátrica. 2ª Edición ed: Ediciones Díaz de Santos; 1997.
116. Spadone GL, Cianfarani S. Bone Age Assessment in the Workup of Children with Endocrine Disorders. Horm Res Paediatr 2010; 73: 2-5.
117. Zachmann M, Sobradillo B, Frank M, Frisch H, Prader A. Bayley-Pinneau, Roche-Wainer-Thissen, and Tanner height predictions in normal children and in

patients with various pathologic conditions. The Journal of PEDIATRICS November 1978: 749-55.

118. Pastor X, Quinto L, Corretger M, Gassio R, Hernández M, Seres A. Tablas de crecimiento actualizadas de los niños españoles con síndrome de Down. SD-DS Revista Médica Internacional sobre el síndrome de Down, 2004; 8:34-46.

119. Sobradillo Ruiz B. Evaluación de la maduración ósea y pronóstico de la talla final. [seep.es/privado/documentos/publicaciones/1999HPC/Cap02.pdf](http://seep.es/privado/documentos/publicaciones/1999HPC/Cap02.pdf).

120. Kant SGG, F.de Ru, N.H. Radiographic Evaluation of Children with Growth Disorders Suggested Guidelines. Horm Res 2007.

121. Martin DD, Wit JM, Hochberg Ze, Sävendahl L, Rijn RRv, Fricke O, et al. The Use of Bone Age in Clinical Practice – Part 1. Horm Res Paediatr. 2011;76:1–9.

122. Crowne E, Shalet S, Wallace W. Final height in boys with untreated constitutional delay in growth and puberty. Arch Dis Child 1990;65:1109-12.

123. Albanese A, Stanhope R. Predictive factors in the determination of final height in boys with constitutional delay of growth and puberty. J Pediatr 1995 Apr;126(4):545-50.

124. Tanner JW, RH. A note on the bone age at which patients with true isolated growth hormone deficiency enter puberty. J Clin Endocrinol Metab; 1975 .

125. Pantiouou SS, R.Uruema, N. Growth prognosis and growth after menarche in primary hypothyroidism Arch Dis Child 1991;66(7):838–40. .

126. Kulin HB, N.Mutie, D. The effect of chronic childhood malnutrition on pubertal growth and development. Am J Clin Nutr 1982.

127. Haffner D, Schaefer F, Nissel R, Whül E, Tönshoff B, Mehls O. Effect of Growth Hormone Treatment on the adult height of children with chronic renal failure. The New England Journal of Medicine. Sep, 2010, Volume 343, nº13: 923-930.

128. Lazar L, Phillip M. Pubertal Disorders and Bone Maturation. Endocrinol Metab Clin N Am 41 (2012) 805-825.

129. Menius JA, Largent MD, Vincent CJ. Skeletal Development of Cleft Palate Children as Determined by Hand-Wrist Roentgenographs: A Preliminary Study. Skeletal development: 68-75

<http://digital.library.pitt.edu/c/cleftpalate/pdf/e20986v03n1.06.pdf>

130. Galvao de Aguiar AC, Sottile BE, de Oliveira M, Rodrigues de Araujo M. Comparative Study of Chronological, Bone, and Dental Age in Fanconi's Anemia. J Pediatr Hematol Oncol 2006; 28:260-262.

131. Sabharwal S, Sakamoto SM, Zhao C. Advanced Bone Age in Children With Blount Disease: A Case-Control Study. J Pediatr Orthop 2013; 33: 551-557.

132. Staal HM, Goud AL, Van der Woude H, J, Witlox MA, Ham SJ. Skeletal maturity of children with multiple osteochondromas: is diminished stature due to a systemic influence? J Child Orthop, August 2015 9:397-402.

133. Roche AF. Skeletal Maturation and Elongation in Down's Disease (Mongolism). Eugen Rev. 1967 Mar; 59(1): 11–21.

134. J. P. Biochemical consequences of supernumerary chromosome subtype in mongolism. Am J Ment Defic. 1965 Sep;70(2):213–217.

135. Bueno Lozano M, Sarria Chueca A, Bueno Sánchez M. Estudio de la maduración ósea en niños obesos aragoneses de ambos sexos. Anales españoles de pediatría vol. 45 nº 1. 1996: 29.

136. Pludowski P, Litwin M, Niemirska A, Jaworski M. Accelerated Skeletal Maturation in Children With Primary Hypertension. Hypertension, December 2009:1234-1239.

137. WLH. D. The international agreement for the unification of anthropometric



- measurements to be made on the living subject. *Am J Phys Anthropol* 1919;2(1):61-7 .
138. DICOM. Registered trademark of the National Electrical Manufacturers Association for its standards publications relating to digital communications of medical information.
  139. Frankiewicz M. RadiAnt DICOM Viewer. Poland: Medixant; 2009.
  140. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2nd ed: Stanford University Press, Stanford, Calif; 1959.
  141. Ebrí Torné B, Ebrí Verde I. Índices numéricos Ebrí-metacarpofalángico y carpiano para el cálculo de la edad ósea y predicción de talla adulta. *An Pediatr (Barc)* 2012; 76:199-213-Vol. 76 Núm. 4 DOI: 10.1016/j.anpedi.2011.09.006.
  142. Ebrí Torné B, Ebrí Verde I. Nuevo índice de valoración ósea Ebrí Carpo-metacarpofalángico y de predicción de talla adulta. *Pediatr Integral* diciembre 2012.Volumen XVI, nº 10
  143. Ebrí Torné B, Ebrí Verde I. Studies in Spanish Children to Calculate Bone Age and Predict Adult Height: Forty Years of Own Investigation. *Pediat Therapeut* 2015, 5:1 <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0665.1000227>.
  144. Levine E. The Contributions of the Carpal Bones and the Epiphyseal Centres of the Hand to the Assessment of Skeletal Maturity. *Human Biology*. May, 1972, Vol.44, nº3,pp. 317-327.
  145. Hewitt D, Westropp CK, Acheson RM. Oxford Child Health Survey: effect of childish ailments on skeletal development. *Brit. J. Prev. Soc. Med*, 9: 179-186. 1955.
  146. Menius JA, Largent MD, Vincent CJ. Skeletal Development of Cleft Palate Children as Determined by Hand-Wrist Roentgenographs: A Preliminary Study. *SKELETAL DEVELOPMENT* 1966 Jan; 3: 67-75.
  147. Even L, Andersson B, Kriström B, Albertsson-Wikland K, Hochberg Z. Role of growth hormone in enchondroplasia and chondral osteogenesis: evaluation by X-ray of the hand. *Pediatric RESEARCH*, Volume 76, nº 1, July 2014.
  148. Dieter Haffner MDea. Effect of growth hormone treatment on the adult height of children with chronic renal failure. *The New England Journal of Medicine*, Volume 343, Number 13: 923-930, 2000.
  149. Ebrí Torné B. Índice de valoración ósea Metacarpofalángico. Estudio longitudinal Suizo. Estudio comparado con Tanner II RUS. *Acta Pediatr Esp*, 54 (1996), pp.94-102.
  150. Ebrí Torné B, Ebrí Verde, I. Nuevo índice de valoración ósea Ebrí-Carpo-metacarpofalángico y de predicción de talla adulta. *Pediatr Integral* 2012; XVI(10): 822.e1-822.e9.
  151. Garamendi PM. Análisis de parámetros de maduración ósea como indicadores de edad en estudios de radiología digital de tórax y estudios de radiología panorámica dental digital. Tesis doctoral. Editorial de la Universidad de Granada. 2007.
  152. Bland M, Altman D. Statistical methods of for assessing of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. *Lancet* 1986; 1:307-10.
  153. Baldwin BT, Busby LM, Garside HV. Anatomic Growth of Children: A Study of Some Bones of the Hand, Wrist and Lower Forearm by Means of Roentgenograms (Studies in Child Welfare). Iowa City, Iowa, University of Iowa 1928.
  154. F S, H M. Atlas der normalen und pathologischen handskelettenwicklung: Springer-Verlag; 1960.
  155. Sawtell RO. Ossification and growth of children from one to eight years of age. *A.M.A. Am. D. Dis. Child.*, 1929; 37:61-87.